

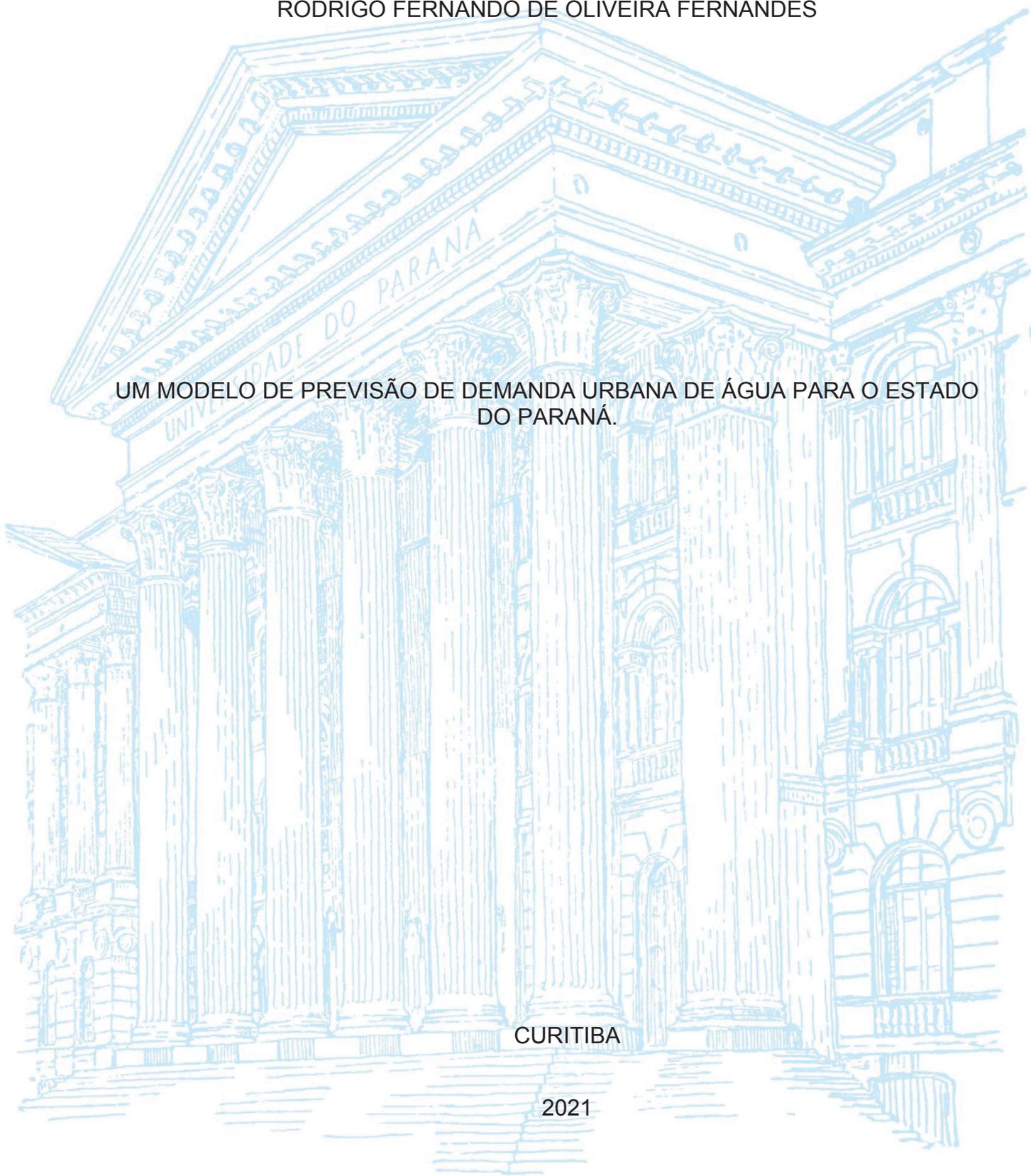
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RODRIGO FERNANDO DE OLIVEIRA FERNANDES

UM MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA URBANA DE ÁGUA PARA O ESTADO
DO PARANÁ.

CURITIBA

2021



RODRIGO FERNANDO DE OLIVEIRA FERNANDES

UM MODELO DE PREVISÃO DA DEMANDA URBANA DE ÁGUA PARA O ESTADO
DO PARANÁ.

Dissertação apresentada ao Programa Profissional de Pós-Graduação Economia, Setor de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Adalto Acir Althaus Junior

CURITIBA

2021

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS SOCIAIS
APLICADAS – SIBI/UFPR COM DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)
Bibliotecário: Maria Lidiane Herculano Graciosa – CRB 9/2018

Fernandes, Rodrigo Fernando de Oliveira

Um modelo de previsão de demanda urbana de água para o estado do Paraná / Rodrigo Fernando de Oliveira Fernandes. – 2021.
127 p.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Economia, do Setor de Ciências Sociais Aplicadas.

Orientador: Adalto Acir Althaus Junior.

Defesa: Curitiba, 2021.

1. Economia. 2. Modelos econométricos. 3. Demanda de água.
4. Água – Consumo. I. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em Economia. II. Althaus Junior, Adalto Acir. III. Título.

CDD 330.0151

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ECONOMIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **RODRIGO FERNANDO DE OLIVEIRA FERNANDES** intitulada: **UM MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA URBANA DE ÁGUA PARA O ESTADO DO PARANÁ**, sob orientação do Prof. Dr. ADALTO ACIR ALTHAUS JUNIOR, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 10 de Setembro de 2021.

Assinatura Eletrônica

10/09/2021 20:04:06.0

ADALTO ACIR ALTHAUS JUNIOR

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

10/09/2021 15:15:25.0

VICTOR RODRIGUES DE OLIVEIRA

Avaliador Externo (PROFESSOR PESQUISADOR- UFPR)

Assinatura Eletrônica

10/09/2021 15:06:05.0

THIAGO HENRIQUE MOREIRA GOES

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Minha dedicação deste trabalho a Deus por toda graça recebida durante
essa caminhada. À minha esposa por todo esforço e apoio, a minha filha e meus
amigos por todo incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por toda graça alcançada e por toda a caminhada que me conduz, por todos ensinamentos e sustentação para todos os momentos até aqui.

Agradeço pelo resultado desse trabalho sendo fruto do esforço de toda minha família, especialmente minha querida esposa Ana Paula, e da compreensão ainda que numa fase de criança da minha filha Maria Clara, que dentro de suas possibilidades dos quatro aos seis anos, entendeu do seu jeito, as ausências do pai, e tem lembranças até hoje das duas visitas na UFPR comigo.

À Professor Adalto, meu orientador desde antes do mestrado, pela confiança e motivação em todos os momentos para que conseguimos o êxito desse projeto, um grande mestre a ser seguido.

À Universidade Federal do Paraná por toda estrutura física, desde o estacionamento, biblioteca, laboratório de informática, e demais instalações que proporciona conforto para as pesquisas e estudos e também a todo o corpo docente de excelência que contribuiu grandiosamente para aumentar meus conhecimentos.

A Companhia de Saneamento do Paraná pelo fornecimento dos dados e pela inspiração para o trabalho e todos os colegas de empresa que me deram força e motivação para enfrentar esse desafio, em especial meu amigo e Doutor em Economia Joel por toda motivação para que eu ingressasse no mestrado e por todos os conselhos dados durante a caminhada.

Aos colegas de turma em especial ao grande colega João Ricardo (*in memoriam*) pelas grandes conversas nos intervalos. E também aos colegas de trabalho nas disciplinas e pelos grandes debates durante o mestrado Carlos, André, Lanaro, Lucas e Luiz.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.

(Madre Teresa de Calcuta)

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo principal propor um modelo de previsão de demanda residencial de água para as regiões urbanas do Estado do Paraná para o médio prazo, que neste trabalho é considerado como cinco anos, com a utilização de modelos econométricos de Vetores Autorregressivos – VAR e também de Vetores de Correção de Erros – VEC, considerando dados de todas as mesorregiões do Estado. Para a construção dos modelos pelos escopos considerados foram identificados em outros estudos as variáveis que podem explicar o consumo de água das famílias, como as variáveis de clima, temperatura média e quantidade de chuvas acumuladas além das variáveis econômicas como a renda per capita e a tarifa média praticada pelo serviço. Para a construção da base de dados foram considerados as informações das variáveis dos municípios com mais de 20 mil habitantes, o que corresponde a 80% da população urbana do Paraná considerando as informações disponibilizadas pelo IBGE para o ano de 2018. A série histórica considerou os dados mensais de 2010 a 2017 para a estimação do modelo e os dados de 2018 e 2019 para teste da qualidade da previsão da demanda de água. Os resultados alcançados para as mesorregiões indicam, de maneira geral, que a temperatura, a quantidade de chuvas e, em alguns casos, a renda como variáveis que explicam a demanda de água nas residências. Após a estimação dos modelos VAR e VEC foram realizadas as previsões sendo que os resultados obtidos foram satisfatórios tanto para as mesorregiões quanto para o modelo geral para o Estado.

Palavras-chave: Demanda residencial de água 1. Vetores Autoregressivos – VAR 2. Vetores de Correção de Erros – VEC 3.

ABSTRACT

The present work intends to propose through econometric models of vector autoregression – VAR and vector error correction - VEC a model to predict in the mid-term the water demand in urban areas across State of Paraná, regarding data from all State's mesoregions. For the models' construction considering this dissertation's scope, variables that may explain the water consumption of families were identified in other studies, for instance the climate and economic ones concerning the average temperature and amount of accumulated rainfall in addition to per capita income and the average service price and billable amount. To build up the data base this work uses as a source the IBGE information from year 2018 about municipalities with more than twenty thousand inhabitants which corresponds to 80% of Parana's urban population. The historical series considered monthly data from 2010 to 2017 to estimate the model and data from 2018 and 2019 to test the predictability's quality of water demand. The results achieved for the mesoregions indicate, in general, that the temperature, the amount of rain and, in some cases, income are variables that explain the demand for water in households. After estimating the self-regressive vectors and errors correction vectors models, the predictions were carried out with satisfactory results for both the mesoregions and for the State's general model.

Key-words: Urban Water Demand 1. Vector autoregression – VAR 2. Vector error correction – VEC 3.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ÍNDICE DE ATENDIMENTO TOTAL DE ÁGUA E ESGOTO NO BRASIL EM 2019.....	26
FIGURA 2 – BALANÇO HÍDRICO QUALI-QUANTITATIVO - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS	27
FIGURA 3 – RELEVO DO ESTADO DO PARANÁ NA PERSPECTIVA DE LESTE PARA OESTE	29
FIGURA 4 – CLIMA DO ESTADO DO PARANÁ CONFORME CLASSIFICAÇÃO DE KÖ	29
FIGURA 5 – BALANÇO NO PARANÁ HÍDRICO QUALI-QUANTITATIVO – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS	30
FIGURA 6 – MUNICÍPIOS MAIS POPULOSOS DO ESTADO DO PARANA	30

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019 – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA.....	57
GRÁFICO 2 – DISTRIBUIÇÃO DOS ERROS DAS ESTIMATIVAS – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA.....	57
GRÁFICO 3 – CONSUMO RESIDENCIAL DE ÁGUA – LITORAL DO PARANÁ....	61
GRÁFICO 4 – ANÁLISE DA PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019	64
GRÁFICO 5 – ANÁLISE DOS DESVIOS DOS MODELOS.....	64
GRÁFICO 6 – ANÁLISE DA PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019	70
GRÁFICO 7 – ANÁLISE DOS DESVIOS DOS MODELOS.....	71
GRÁFICO 8 – ANÁLISE DA PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019	77
GRÁFICO 9 – ANÁLISE DOS DESVIOS DOS MODELOS.....	77
GRÁFICO 10 – ANÁLISE DA PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019	83
GRÁFICO 11 – ANÁLISE DOS DESVIOS DOS MODELOS.....	83
GRÁFICO 12 – ANÁLISE DA PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019	89
GRÁFICO 13 – ANÁLISE DOS DESVIOS DOS MODELOS.....	90
GRÁFICO 14 – ANÁLISE DA PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019	94
GRÁFICO 15 – PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019	98
GRÁFICO 16 – PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019	103
GRÁFICO 17 – ANÁLISE DOS DESVIOS DOS MODELOS.....	104
GRÁFICO 18 – ANÁLISE DA PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019	109
GRÁFICO 19 – ANÁLISE DOS DESVIOS DOS MODELOS.....	110
GRÁFICO 20 – ANÁLISE DA PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019	116
GRÁFICO 21 – ANÁLISE DOS DESVIOS DOS MODELOS.....	117
GRÁFICO 22 – PREVISÕES PARA OS ANOS DE 2018 E 2019	119

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PANORAMA DOS MUNICÍPIOS COM MAIS DE 100 MIL HABITANTES DO PARANÁ	32
TABELA 2 – MUNICÍPIOS DO PARANÁ COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES DO PARANÁ EM 2018	47
TABELA 3 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018.....	51
TABELA 4 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA PARA O PERIODO DE 2010 A 2018	51
TABELA 5 – TESTE ADF – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA..	52
TABELA 6 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA.....	53
TABELA 7 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA.....	54
TABELA 8 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA	54
TABELA 9 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA.....	55
TABELA 10 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA.....	55
TABELA 11 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA.....	56
TABELA 12 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA.....	56
TABELA 13 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018	58
TABELA 14 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ PARA O PERIODO DE 2010 A 2018	59
TABELA 15 – TESTE ADF – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA - LITORAL DO PARANÁ	59
TABELA 16 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA - LITORAL DO PARANÁ.....	60
TABELA 17 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ.....	60

TABELA 18 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ.....	61
TABELA 19 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ.....	62
TABELA 20 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ.....	62
TABELA 21 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ.....	63
TABELA 22 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ.....	63
TABELA 23 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018.....	65
TABELA 24 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE PARA O PERÍODO DE 2010 A 2018.....	65
TABELA 25 – TESTE ADF – MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE.....	66
TABELA 26 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE.....	66
TABELA 27 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE.....	67
TABELA 28 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE.....	68
TABELA 29 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE.....	68
TABELA 30 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE.....	69
TABELA 31 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE.....	69
TABELA 32 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE.....	69
TABELA 33 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018.....	71
TABELA 34 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE PARA O PERÍODO DE 2010 A 2018.....	72

TABELA 35 – TESTE ADF – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE	72
TABELA 36 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE	73
TABELA 37 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE.....	74
TABELA 38 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE	74
TABELA 39 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE.....	75
TABELA 40 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE	75
TABELA 41 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE.....	76
TABELA 42 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE	76
TABELA 43 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018.....	78
TABELA 44 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO CENTRO-SUL PARANAENSE DO PERÍODO DE 2010 A 2018.....	78
TABELA 45 – TESTE ADF – MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE.....	79
TABELA 46 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE	79
TABELA 47 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE.....	80
TABELA 48 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE	81
TABELA 49 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE.....	81
TABELA 50 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE.....	81
TABELA 51 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE.....	82
TABELA 52 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE.....	82

TABELA 53 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018.....	84
TABELA 54 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE PERIODO DE 2010 A 2018.....	84
TABELA 55 – TESTE ADF – MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE.....	85
TABELA 56 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE.....	85
TABELA 57 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE.....	86
TABELA 58 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE.....	87
TABELA 59 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE.....	87
TABELA 60 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE.....	88
TABELA 61 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE.....	88
TABELA 62 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE.....	89
TABELA 63 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO NORTE CENTRAL PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018.....	90
TABELA 64 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE PERIODO DE 2010 A 2018.....	91
TABELA 65 – TESTE ADF – MESORREGIÃO NORTE CENTRAL PARANAENSE.....	91
TABELA 66 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO NORTE CENTRAL PARANAENSE.....	91
TABELA 67 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO NORTE CENTRAL PARANAENSE.....	92
TABELA 68 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO NORTE CENTRAL PARANAENSE.....	93
TABELA 69 – TESTE DOS RESÍDUOS MESORREGIÃO NORTE CENTRAL PARANAENSE.....	93
TABELA 70 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018.....	95

TABELA 71 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE PERIODO DE 2010 A 2018	95
TABELA 72 – TESTE ADF – MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE	95
TABELA 73 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE	96
TABELA 74 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE.....	96
TABELA 75 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE	97
TABELA 76 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE.....	97
TABELA 77 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018.....	99
TABELA 78 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE PERIODO DE 2010 A 2018.....	99
TABELA 79 – TESTE ADF – MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE	100
TABELA 80 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE.....	100
TABELA 81 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE	101
TABELA 82 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE.....	101
TABELA 83 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE	102
TABELA 84 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE.....	102
TABELA 85 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE	102
TABELA 86 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE.....	103
TABELA 87 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018.....	105
TABELA 88 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE PERIODO DE 2010 A 2018	105

TABELA 89 – TESTE ADF – MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE.....	106
TABELA 90 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE.....	106
TABELA 91 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE.....	107
TABELA 92 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE.....	107
TABELA 93 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE.....	108
TABELA 94 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE.....	108
TABELA 95 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE.....	108
TABELA 96 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE.....	109
TABELA 97 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018.....	111
TABELA 98 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE PERÍODO DE 2010 A 2018.....	111
TABELA 99 – TESTE ADF – MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE.....	112
TABELA 100 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE.....	112
TABELA 101 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE.....	112
TABELA 102 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE.....	113
TABELA 103 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE.....	114
TABELA 104 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE.....	114
TABELA 105 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE.....	115
TABELA 106 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE.....	115

TABELA 107 – RESUMO DOS RESULTADOS DA ESTIMAÇÃO EM TODAS AS MESSOREGIÕES DO PARANÁ.....	118
--	-----

LISTA DE SIGLAS

ADF – Dickey-Fuller Aumentando
Agepar – Agência Reguladora do Paraná
AIC – Critério de Informação de Akaike
ANA – Agência Nacional de Águas
ARIMA – Modelo auto-regressivo de médias móveis
B3 – B3 S.A. BRASIL, BOLSA, BALCÃO.
BIC – Critério de informação Bayesiano
CEBs – Companhias Estaduais de Saneamento
CRED – The Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
EUA – Estados Unidos da América
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
HBIC – Teste Hannam-Quinn
LM – Multiplicador de Lagrange
MAE – Erro absoluto médio
OMS – Organização Mundial de Saúde
ONU – Organização das Nações Unidas
PLANASA - Plano Nacional de Saneamento
Sanepar – Companhia de Saneamento do Paraná
SARIMA – Sazonal auto-regressivo integrado de médias móveis
SQR – Soma dos quadrados dos resíduos
SIC – Critério de Informação de Schwarz
SNIS – Sistema Nacional de Informações do Saneamento
VAR – Vetor Autorregressivo
VEC – Vetor de Correção de Erros

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	21
1.1. OBJETIVOS	24
2. REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO E CONTEXTO DO SANEAMENTO	24
2.1 CONTEXTO DO SETOR DE SANEAMENTO.....	24
2.2 CONTEXTO HÍDRICO NA GEOGRAFIA DO PARANÁ	28
2.3 CONTEXTO DO SANEAMENTO NO PARANÁ.....	31
2.4 FATORES QUE IMPACTAM NO CONSUMO RESIDENCIAL DE ÁGUA	33
2.4.1 Fatores econômicos.....	34
2.4.2 Fatores social e demográfico	36
2.4.3 Fatores climáticos	37
3.1 MODELO DE DEMANDA URBANA RESIDENCIAL DE ÁGUA	39
3.2 METODOLOGIA VAR – VEC.....	41
3.2.1 Adaptação do modelo VAR e VEC para o escopo de estudo	42
3.3 TESTES ESTÁTISTICOS.....	43
3.4 DADOS UTILIZADOS.....	47
4.1 ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA	50
4.1.1 Análise Descritiva dos Dados.....	50
4.1.2 Verificação da estacionariedade das séries	52
4.1.3 Estimação do modelo VAR.....	52
4.1.5 Análise dos resultados em relação ao consumo real.....	56
4.2 ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ.....	58
4.2.1 Análise Descritiva dos Dados.....	58
4.2.2 Verificação da estacionariedade das séries	59
4.2.3 Estimação do modelo VAR.....	59
4.2.4 Estimação do modelo VEC.....	62
4.3 ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE.....	65
4.3.1 Análise Descritiva dos Dados.....	65
4.3.2 Verificação da estacionariedade das séries	66
4.3.3 Estimação do modelo VAR.....	66
4.3.4 Estimação do modelo VEC.....	68
4.3.5 Análise dos resultados em relação ao consumo real.....	70
4.4 ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE.....	71
4.4.1 Análise Descritiva dos Dados.....	71
4.4.2 Verificação da estacionariedade das séries	72

4.4.3	Estimação do modelo VAR.....	73
4.4.4	Estimação do modelo VEC.....	75
4.5	ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE.....	78
4.5.1	Análise Descritiva dos Dados.....	78
4.5.2	Verificação da estacionariedade das séries	78
4.5.3	Estimação do modelo VAR.....	79
4.5.4	Estimação do modelo VEC.....	81
4.5.5	Análise dos resultados em relação ao consumo real.....	82
4.6	ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE.....	84
4.6.1	Análise Descritiva dos Dados.....	84
4.6.2	Verificação da estacionariedade das séries	84
4.6.3	Estimação do modelo VAR.....	85
4.6.4	Estimação do Modelo VEC.....	87
4.6.5	Análise dos resultados em relação ao consumo real.....	89
4.7	ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO NORTE CENTRAL PARANAENSE.....	90
4.7.1	Análise Descritiva dos Dados.....	90
4.7.2	Verificação da estacionariedade das séries	91
4.7.3	Estimação do modelo VAR.....	91
4.7.4	Estimação do modelo VEC.....	94
4.7.5	Análise dos resultados em relação ao consumo real.....	94
4.8	ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE.....	94
4.8.1	Análise Descritiva dos Dados.....	94
4.8.2	Verificação da estacionariedade das séries	95
4.8.3	Estimação do modelo VAR.....	96
4.8.4	Estimação do modelo VEC.....	98
4.8.5	Análise dos resultados em relação ao consumo real.....	98
4.9	ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE .	98
4.9.1	Análise Descritiva dos Dados.....	99
4.9.2	Verificação da estacionariedade das séries	99
4.9.3	Estimação do modelo VAR.....	100
4.9.4	Estimação do modelo VEC.....	102
4.9.5	Análise dos resultados em relação ao consumo real.....	103
4.10	ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE 105	
4.10.1	Análise Descritiva dos Dados.....	105
4.10.2	Verificação da estacionariedade das séries	105
4.10.3	Estimação do modelo VAR.....	106

4.10.4	Estimação do modelo VEC.....	108
4.10.5	Análise dos resultados em relação ao consumo real.....	109
4.11.1	Análise Descritiva dos Dados.....	111
4.11.2	Verificação da estacionariedade das séries	111
4.11.3	Estimação do modelo VAR.....	112
4.11.4	Estimação do modelo VEC.....	114
4.11.5	Análise dos resultados em relação ao consumo real.....	116
4.12	MODELO GERAL PARA O ESTADO PARANÁ.....	117
5.	CONCLUSÃO	120
6.	REFERÊNCIAS	123
	APENDICE I – DADOS POPULACIONAIS DOS MUNICÍPIOS DA AMOSTRA.....	126

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico em muitas cidades depende da melhoria do planejamento e gestão a longo prazo de recursos escassos, como a água. O fornecimento de água potável adequado é primordial para a sociedade e atualmente, com o crescimento dos grandes centros urbanos, cenário de mudanças climáticas e de escassez hídrica aumentam ainda mais os desafios para o abastecimento adequado nas cidades. A importância do debate sobre os recursos hídricos associado à sua escassez relativa e às suas utilizações alternativas, a busca do bem-estar social quer na perspectiva quantitativa e na qualitativa, evidencia a necessidade do debate em toda a sociedade e, principalmente, dos agentes de operação, de controle e regulação buscando constantemente da viabilidade ao seu acesso sustentável e aliado à sua distribuição temporal e espacial.

Segundo o Relatório de Desenvolvimento de Recursos Hídricos de 2019 da ONU, cerca de 4 bilhões de pessoas estão passando por um estresse hídrico ao menos uma vez ao ano, fato que tende a aumentar à medida que se intensificam o crescimento do consumo e as mudanças climáticas. Segundo a Shiva (2006, p. 17), estresse hídrico é quando uma sociedade (podendo ser uma cidade, estado ou país) tem menos de 1000 metros cúbicos de água disponível por habitante ano, dificultando consideravelmente o desenvolvimento econômico e a saúde da dessa sociedade. A escassez hídrica, segundo Ribeiro (2008, p. 71), é uma etapa após o estresse hídrico pois é quando a falta de água já é uma realidade.

Neste contexto, surge a necessidade da otimização dos recursos necessários para o fornecimento de água tanto para a população atual e futura, com qualidade e quantidade sem deixar de considerar a otimização da infraestrutura que não onere a capacidade de pagamento das gerações.

Para Lin e Amaral Jr (2000), a previsão da demanda é essencial para a alocação eficiente dos recursos, como redução de custos, maximização da produção e do capital de investimento aplicado. Trazendo para o tema do estudo, uma precisão de demanda de água adequada numa cidade pode contribuir para o planejamento previsto adequado da estação de tratamento de água, reservatórios e também com relação a ampliações necessárias com o crescimento da demanda de forma orgânica e por necessidades específicas ao longo do tempo.

Os investimentos no setor de infraestrutura, como é o caso do setor de saneamento abrangendo os serviços de água e esgoto, tem como característica marcante elevados custos fixos e também grandes volumes de investimentos, com retorno ao longo do tempo. Os custos fixos no setor de saneamento são as estações de captação e tratamento de água, reservatórios, redes e tubulações de abastecimento, aparelhos de medições, estações de tratamento de esgoto, entre outros equipamentos e edificações.

Nesse sentido, é essencial para o investimento eficiente que o sistema seja implantando dentro das necessidades de demanda de curto e médio prazo, assim, com um modelo de previsão de demanda assertivo, pode colaborar para que os planejadores desses sistemas possuam modelos que possam, dentro uma margem de segurança, prever essa demanda de água para que não falte a disponibilidade do produto e também para não alocar recursos que não serão utilizados no médio prazo, o que pode prejudicar as empresas e os consumidores, com a não alocação eficientes dos recursos necessários. (Turolla,1999)

No Brasil o setor de saneamento nos últimos anos, com base na Lei 11.445 - Marco Regulatório do Setor de Saneamento, vem mudando a relação entre a sociedade e as empresas prestadoras dos serviços. Algumas das funções da regulação podem ser entendidas o de fazer cumprir por meio de políticas regulatórias as macrodefinições estabelecidas e de desenvolver mecanismos que incentivem a eficiência das empresas prestadoras de serviço e de proporcionar um ambiente mais estável para a realização dos investimentos no setor.

Nesse sentido, no Paraná desde 2016 a Agência Reguladora do Paraná – Agepar, iniciou o processo de regulação dos serviços de água e esgoto dos municípios paranaenses atendidos pela Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar, empresa que presta o serviço para 346 dos 399 municípios do Estado. Sendo, que em 2017, realizou a primeira revisão tarifária. Para a realização do cálculo da tarifa do serviço, além de outras variáveis, é utilizada a projeção dos volumes faturados de água e esgoto, assim, a projeção mais assertiva possível da demanda contribui além do planejamento adequado dos recursos necessários para a produção, a tarifa mais baixa para os consumidores.

O objetivo geral desta dissertação é de propor um modelo para a previsão de demanda urbana de água no médio prazo afim de contribuir para o desenvolvimento do setor e das políticas públicas do Estado. Para estimar um modelo para o Paraná

será necessário analisar a demanda urbana de água das regiões metropolitanas do Estado que diferem em diversos pontos como clima, temperatura, renda, cultura e avaliando também quais modelos de previsão melhor se adequam para cada região e conseqüentemente chegando para um modelo para o todo o Paraná. Cabe ressaltar a importância do tema da demanda de água ainda mais pelo momento de crise hídrica vivida pelo Paraná desde 2020 com maior impacto na Mesorregião Metropolitana de Curitiba.

Para atingir o objetivo proposto foi desenvolvido a metodologia de estimação de series temporais VAR e VEC, utilizando os dados das mesorregiões do Estado do Paraná do período de 2010 a 2017, considerando como treinamento e verificação da qualidade da previsão os anos de 2018 e 2019, nesse sentido não serão considerados os dados de 2020 em diante, dado o impacto gerado pela crise hídrica. Para o modelo geral para o Estado, foi somado as previsões individuais de cada mesorregião para a obtenção do modelo geral.

Com os resultados obtidos pelas previsões dos modelos VAR e VEC, é possível verificar a importância das variáveis de clima, temperatura e chuvas, bem como das variáveis de renda e tarifa, para entender os impactos na demanda de água residencial nas mesorregiões do Paraná em maior ou menor grau. Com as previsões realizadas e a consolidação para a proposta do modelo geral do Paraná os desvios dos modelos foram para o acumulado de 2018 e 2019 foram de -0,2% e -0,3% para o VAR e o VEC respectivamente, demonstrando assim, a possibilidade de aplicação dos modelos.

Nos capítulos seguintes, são abordados a revisão bibliográfica e o contexto do setor do saneamento para entendimento dos estudos realizados e também do tema do estudo, sendo o capítulo 2. No item seguinte o desenvolvimento da metodologia da pesquisa é trabalhado no capítulo 3. Sendo que no capítulo 4 são apresentados os resultados e análise das previsões obtidas para todas as mesorregiões e para o modelo total para o Paraná. Por fim, no capítulo 5 são trazidos as conclusões, limitações e sugestões para novos trabalhos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Propor um modelo de previsão de demanda urbana de água para o Estado do Paraná.

1.1.2. Objetivo específicos

- Identificar o contexto do saneamento e as diferenças regionais no Estado;
- Identificar fatores que impactam no consumo;
- Analisar se os modelos de previsão de demanda existentes são adequados ao Estado do Paraná;
- Avaliar uma introdução de um novo modelo de previsão de demanda para o Estado de Paraná.

2. REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO E CONTEXTO DO SANEAMENTO

2.1 CONTEXTO DO SETOR DE SANEAMENTO

O saneamento básico é fundamental para a qualidade de vida da sociedade, aliado a isso a disponibilidade hídrica, primordial para o saneamento básico, em qualidade e quantidade e um dos grandes desafios para o desenvolvimento e crescimento das cidades, pois a gestão adequada de todos os recursos escassos é essencial para a sua sustentabilidade de longo prazo (Gaudin et al.,2001).

A gestão dos recursos hídricos é entendido como essencial para a sustentabilidade das cidades. O Relatório das Nações Unidas de 2019 aponta preocupação em relação as mudanças climáticas que podem afetar ainda mais os recursos hídricos, principalmente nas áreas de maior estresse hídrico. Segundo a publicação do The Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) sobre The Human Cost of Weather-Related Disasters 1995-2015 (“O custo humano de desastres relacionados ao clima”), que cerca de 90% dos desastres naturais são ligados a água. O estudo evidencia que no período de 1995 a 2015 que as inundações, foram responsáveis pela morte de mais de 157 mil pessoas e afetando outras 2,3 bilhões,

já as secas causaram a morte de 22 mil e afetaram outras 1,1 bilhões de pessoas em todo o mundo.

Aliado a sustentabilidade das cidades, o investimento em saneamento básico também contribui para a redução dos custos com saúde pública. Em 2014, a Organização Mundial de Saúde - OMS publicou o Estudo "Investing in water and sanitation: increasing access, reducing inequalities un-water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water"¹, uma das contribuições da publicação foi de estimar de que para cada US\$ 1 gasto em saneamento são economizados cerca de US\$ 4 em gastos com saúde pública, o que favorece para a diminuição da mortalidade infantil e também para diminuir do número de doenças de vinculação hídrica.

Quando entramos no tema de saneamento básico no Brasil, se destaca a década de 1970 quando foi criado o primeiro plano centralizado do Governo Federal para investimentos no setor, com o Plano Nacional de Saneamento - PLANASA, cujo o objetivo foi de concentrar os investimentos a partir principalmente na concessão dos serviços para as Companhias Estaduais de Saneamento (CEBs) tendo vigorado até 1992. (Saiani e Junior, 2010)

Com o término do PLANASA em 1992, Saiani e Junior, (2010) argumentam que o governo passou a incentivar uma maior participação privada e uma maior descentralização da tomada de decisões tanto de financiamentos quanto de provisão de serviços.

Conforme estudo de Menezes, (2014), após o término de do PLANASA, o setor de saneamento no Brasil passou por um período de baixo investimento e de insegurança jurídica entre os diversos atores envolvidos no setor, como os Municípios, Estados e o Governo Federal e os operadores dos serviços de saneamento, que somente após a aprovação do Marco Regulatório do Saneamento - Lei n.11.445/2007 que os papéis de todos os atores ficaram definidos, principalmente entre a sociedade e as empresas prestadoras dos serviços.

O Marco Regulatório do Saneamento além de criar os princípios para a elaboração de uma política pública para a universalização do saneamento, trouxe a distinção do

1 O Estudo da OMS completo está disponível em:

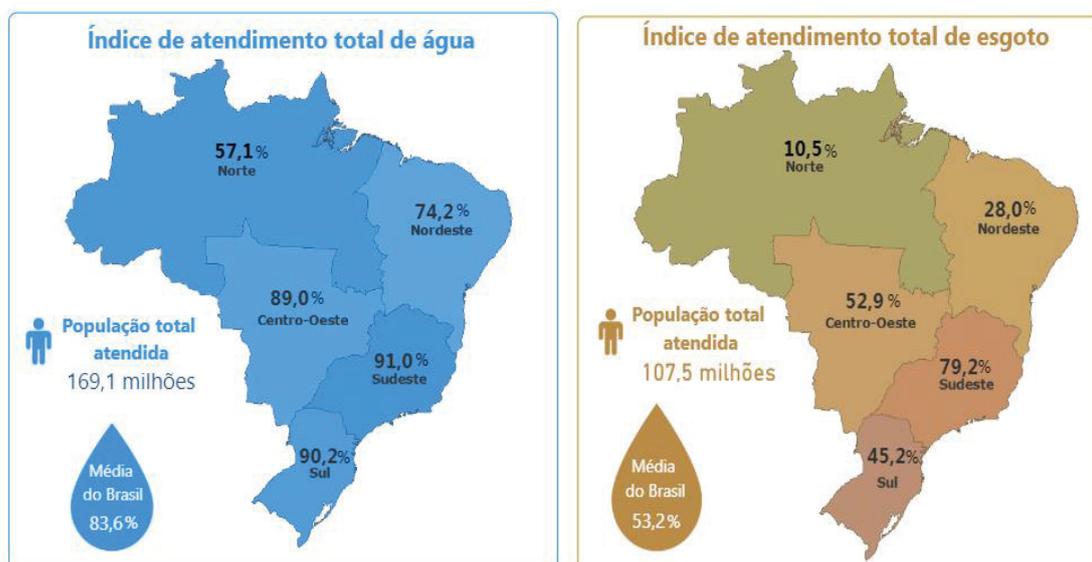
papel do regulador e o papel do planejador, como demonstra o artigo 20 da - Lei n.11.445/2007:

“Incumbe à entidade reguladora e fiscalizadora dos serviços a verificação do cumprimento dos planos de saneamento por parte dos prestadores de serviços, na forma das disposições legais, regulamentares e contratuais.”

Um das funções da regulação é a busca pelo cumprimento, por meio de políticas regulatórias as macrodefinições estabelecidas; de desenvolver mecanismos que incentivem a eficiência das empresas prestadoras de serviço e de proporcionar um ambiente mais estável para a realização dos investimentos no setor. (Cavassin,2014)

Apesar dos avanços do Marco Regulatório do Saneamento, o Brasil ainda apresenta um grande déficit em relação ao sistema público de atendimento de água tratada e coleta e tratamento de esgoto, como aponta o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento - SNIS do Ministério do Desenvolvimento Regional com os dados de 2018, a FIGURA 1 abaixo apresentam o índice de atendimento total com água tratada e o índice total de atendimento de esgoto. Como demonstra as ilustrações da FIGURA 1, o Brasil em 2019 tem um desequilíbrio entre as regiões, com déficit principalmente no norte e nordeste para o abastecimento público de água tratada, é de forma geral um déficit ainda maior para o sistema de coleta e tratamento do esgoto.

FIGURA 1 – ÍNDICE DE ATENDIMENTO TOTAL DE ÁGUA E ESGOTO NO BRASIL EM 2019

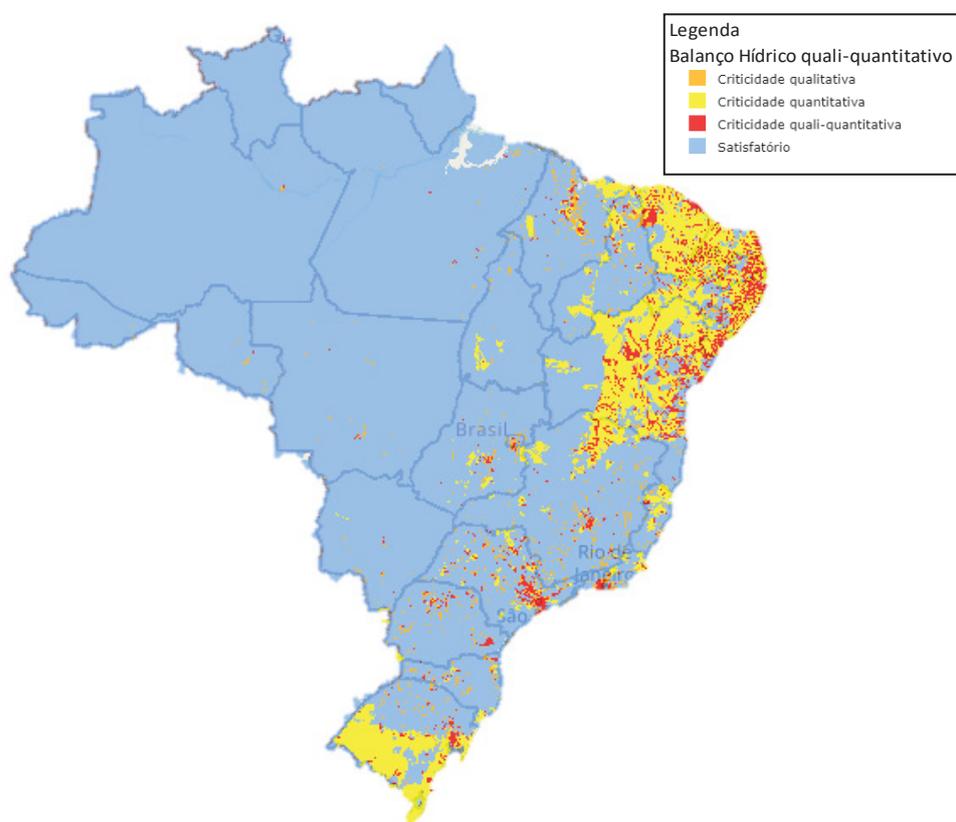


Fonte: ANA

Em relação a disponibilidade hídrica, segundo a Agência Nacional de Águas - ANA, dos 3% de água doce existente no planeta, 2,5% estão congelados na Antártica, Ártico e geleiras, e dos 0,5% restantes, o Brasil possui 12% das reservas do mundo, condição para a agência muito favorável em relação aos outros países.

No Brasil, por exemplo, o processo de urbanização, segundo Ramão e Wadi (2010), ocorre de forma desordenada devido as diferenças regionais, socioeconômicas e ambientais nas regiões do Brasil. Entretanto, devido ao tamanho continental do Brasil entre as diversas regiões do país, a distribuição dos recursos hídricos é dispersa tanto em quantidade como em qualidade, como aponta o mapa do balanço hídrico da ANA disponível na internet², conforme a FIGURA 2. Com o mapa se pode verificar a criticidade que a região nordeste possui em relação ao acesso a água tanto no nível urbano quanto no nível rural. E também, é possível uma relação entre as regiões mais populosas, como por exemplo. os pontos em vermelho nas regiões da Grande São Paulo, a cidade do Rio de Janeiro e Região Metropolitana de Curitiba.

FIGURA 2 – BALANÇO HÍDRICO QUALI-QUANTITATIVO - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS



Fonte: ANA

² Disponível

em: <http://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=ac0a9666e1f340b387e8032f64b2b85a>. Acesso em 20/072020.

Diante do contexto apresentado nesse capítulo, se verifica que o Brasil apesar da grande disponibilidade hídrica, possui muitos desafios para levar ou garantir o saneamento básico a todos os municípios brasileiros, desde a oferta de água potável e esgoto tratado, quanto de garantir água para os municípios mais populosos. Nesse sentido, é necessário que, tanto os entes privados, quanto públicos possuam condições legais e de políticas públicas para levar o saneamento a toda sociedade.

Cabe salientar, que o presente estudo não entrará no contexto da aprovação da Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, que atualizou o marco regulatório do saneamento em vários aspectos, como a obrigação de metas de atendimento de água e esgoto até 2033, mudanças nas formas de contratação dos serviços entre os antes públicos e o novo papel da ANA na uniformidade regulatória, para citar alguns exemplos. Além disso, dado que a lei possuía vetos presidenciais que só foram votados no Congresso Federal em março de 2021 e regulamentos previstos na lei que ainda estão em construção, se entende como não sendo possível analisar os seus impactos ainda no setor de saneamento.

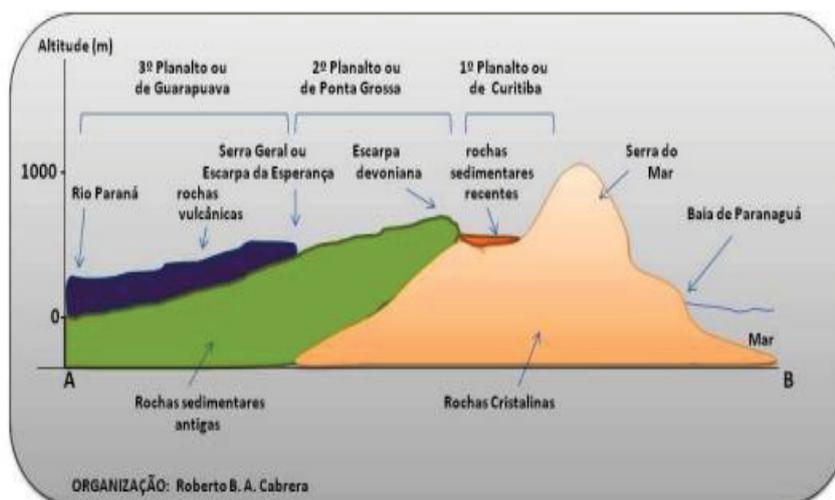
2.2 CONTEXTO HÍDRICO NA GEOGRAFIA DO PARANÁ

O relevo do Estado do Paraná, segundo a Secretaria de Educação do Paraná³, possui grande variedade em diversos aspectos como topográficos, geográficos e climáticos, que de forma relativamente harmoniosa apresenta uma sucessão de planaltos com características bem definidas. Partindo do Leste para o Oeste do Estado, temos o primeiro relevo com a Planície Litorânea e logo após a Serra do Mar onde temos o ponto mais elevado do Paraná.

Na sequência da Serra do Mar se inicia o Primeiro Planalto ou Planalto de Curitiba, cuja altitude varia entre 850 e 950 metros, e se estende até a Serra de São Luís do Purunã, onde surgiu o Segundo Planalto ou Planalto de Ponta Grossa, também conhecida como região dos Campos Gerais. Chegando à faixa Oeste do Paraná temos o Terceiro Planalto ou Planalto de Guarapuava que abrange dois terços do Estado. A seguir a FIGURA 3 demonstra os relevos apresentados:

³ Relevo do Paraná – Secretaria de Educação do Paraná, disponível em: <https://www.geografia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1572&%253Bevento=5>

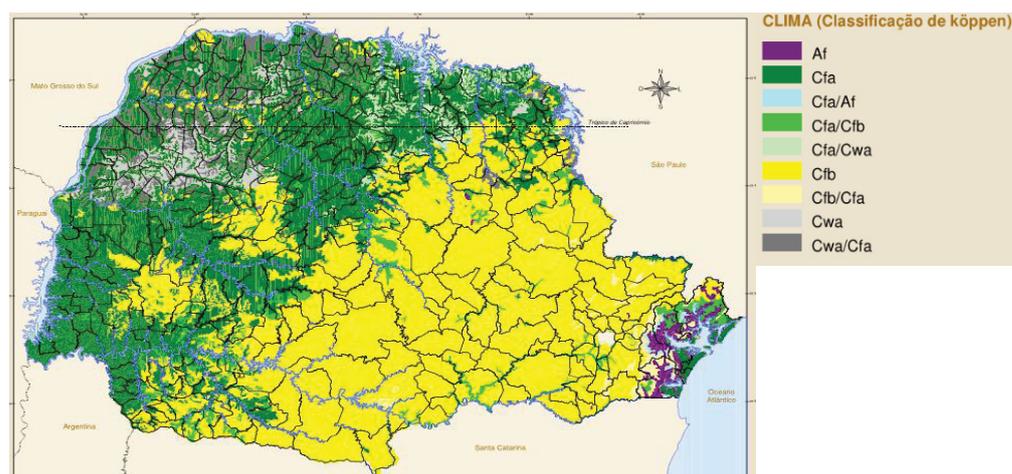
FIGURA 3 – RELEVO DO ESTADO DO PARANÁ NA PERSPECTIVA DE LESTE PARA OESTE



FONTE: Adaptado do trabalho “Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE – 2013”⁴

O Estado do Paraná, de acordo com a Secretaria do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo⁵ do Estado, possui 3 tipos de climas: o Litoral Paranaense e nas porções mais baixas do primeiro planalto possui clima subtropical verões quentes com chuvas bem distribuídas durante o ano; nas regiões mais elevadas possui verões mais amenos com chuvas bem distribuídas e no extremo noroeste possui verões quentes e invernos mais secos, conforme ilustra a FIGURA 4 a seguir:

FIGURA 4 – CLIMA DO ESTADO DO PARANÁ CONFORME CLASSIFICAÇÃO DE KÖPPEL



FONTE: Instituto de Terras, Cartografias e Geociências - ITCG⁶

4 Disponível em:

http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_uel_geo_pdp_roberto_braz_aparecido_cabrera.pdf

5

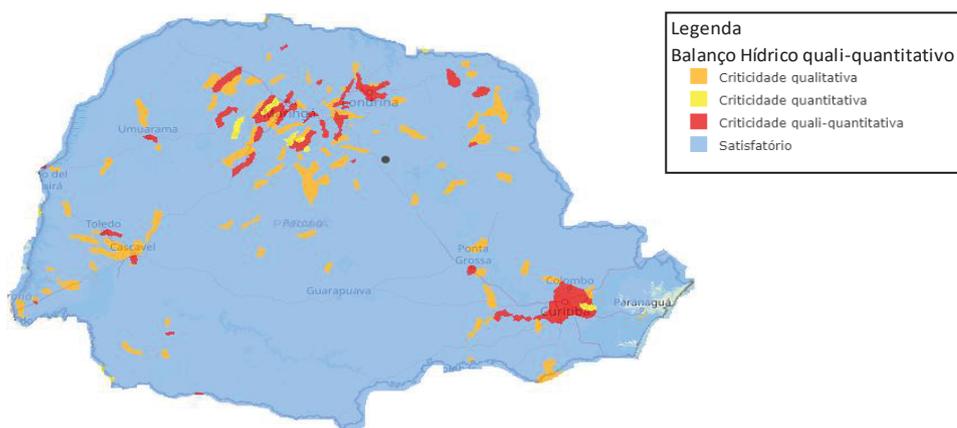
<http://www.turismo.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=393#:~:text=O%20clima%20do%20Paran%C3%A1%20est%C3%A1,vez%2C%20no%20extremo%20noroeste%20do>

6 Disponível em: http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Climas_A3.pdf

As legendas indicam: Af - Clima equatorial: Alta média de temperatura e alta pluviosidade (ultrapassa 2000 mm de chuvas anuais); Cfa/Cwa - Clima subtropical úmido: Verão úmido, dado massas tropicais instáveis; Cfb - Clima oceânico: Verão mais úmido que o inverno. Chuvas são abundantes e bem distribuídas ao longo de todo o ano, sendo o verão bastante fresco e úmido.

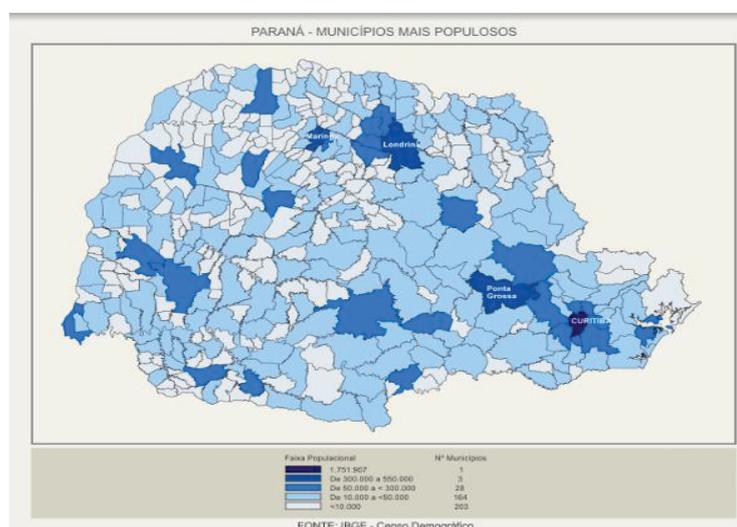
No Paraná, a condição hídrica no geral é satisfatória em relação ao cenário nacional como demonstra já demonstrado no GRÁFICO 2. Quando se compara o Estado do Paraná pelo balanço hídrico conforme a FIGURA 5, em relação aos municípios mais populosos do Estado como apresentado na FIGURA 6 com base nos dados do censo demográfico de 2010 e apresentados pelo IPARDES, pode se demonstrar que as regiões mais críticas em relação ao balanço hídrico são as com maior densidade demográfica.

FIGURA 5 – BALANÇO NO PARANÁ HÍDRICO QUALI-QUANTITATIVO – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS



FONTE: ANA

FIGURA 6 – MUNICÍPIOS MAIS POPULOSOS DO ESTADO DO PARANÁ



FONTE: IPARDES <http://www.ipardes.pr.gov.br/Pagina/Parana-em-Numeros>

Analisando a FIGURA 5 e a FIGURA 6, verifica-se, exceto pela região do município de Guarapuava, uma correspondência entre as regiões mais populosas segundo a IPARDES com as regiões críticas em relação a qualidade e quantidade de recursos hídricos, que pode ser entendido pela maior atividade econômica e pela maior necessidade de consumo dos recursos hídricos entre os diferentes agentes que as utilizam, como indústrias, agropecuária, comércio, utilidades públicas e particulares além do consumo residencial urbano, o que dificulta a fiscalização pelos órgãos de controle do uso racional e também de proteção contra o uso predatório dos recursos hídricos.

2.3 CONTEXTO DO SANEAMENTO NO PARANÁ

O Paraná possui 399 municípios e uma população estimada segundo o IBGE de mais de 11,4 milhões de pessoas e de acordo com Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto do SNIS de 2018, o Paraná possui mais de 90% de atendimento urbano de água tratada e mais de 70% de coleta e tratamento de esgoto. Ainda, segundo o relatório do SNIS, o consumo médio de água per capita está desde 2016 em torno dos 137 litros diários por habitante.

E, seguindo o relatório do SNIS, a maior parte da prestação dos serviços de água e esgoto é realizado por uma única empresa de forma regionalizada, assim, compete a Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar o atendimento de 345 municípios dos 399 existentes. A Sanepar é uma sociedade de economia mista com ações negociadas na B3 (bolsa de valores no Brasil com atuação em ambiente de bolsa e de balcão), sendo que o Governo do Estado do Paraná possui 60,10% do capital votante e 20,03% do capital total⁷. As demais cidades não atendidas pelas Sanepar são predominantemente atendidas por autarquias municipais, ou seja, são operadas pelo próprio município.

Em relação a regulação dos serviços de água e esgoto para os municípios atendidos pela mesma é realizada pela Agepar desde 2016, sendo que em 2017 realizou a primeira revisão tarifária periódica para o período de 2017 a 2020, com o objetivo de definir as tarifas que alcancem tanto o equilíbrio econômico-financeiro do prestador

⁷ <http://ri.sanepar.com.br/>

quanto a prestação eficiente dos serviços aos clientes com a modicidade tarifária adequada⁸.

Conforme a nota técnica 0001/2020⁹ exarada pela a Agepar referente a tarifa econômica para os serviços de água e esgoto para o ciclo tarifário, que no caso da Sanepar, considera o horizonte de quatro anos, com o objetivo de demonstrar a metodologia da tarifa média econômica (P0). Segundo a metodologia da Agepar, o P0 se refere a taxa econômica de equilíbrio que considera o mercado, valores faturados de água e esgoto, que remunera os custos de produção e remunera de forma adequada o custo do capital aplicado. Nesse sentido, quanto mais próxima a previsão de mercado do efetivamente realizado para o ciclo tarifário melhor será a tarifa de equilíbrio, que atenda os custos de produção e que remunere adequadamente o capital.

Considerando as cidades com população estimada acima de 100 mil habitantes (são vinte cidades ao todo), exceto Paranaguá, as demais são atendidas pela Sanepar, sendo que todas relataram ao SNIS que atendem 100% das economias residenciais ativas com água tratada. Estes municípios, de acordo com os dados divulgados, representam cerca de 59% da população urbana atendida do Paraná e 57% do volume residencial medido. A TABELA 1 a seguir demonstra um panorama do atendimento com abastecimento de água dos municípios com mais de cem mil habitantes no Paraná com os dados publicados pelo SNIS de 2018:

TABELA 1 – PANORAMA DOS MUNICÍPIOS COM MAIS DE 100 MIL HABITANTES DO PARANÁ

<i>Município</i>	<i>População urbana do município</i>	<i>População urbana atendida com abastecimento de água</i>	<i>Quantidade de economias residenciais ativas de água micromedidas</i>	<i>Volume micromedido nas economias residenciais ativas de água</i>
Almirante Tamandaré	112.273	112.273	34.696	3.863,21
Apucarana	126.183	126.183	46.482	5.449,06
Arapongas	118.523	118.523	42.775	4.938,75
Araucária	130.824	130.824	47.104	5.270,18
Cambé	101.572	101.572	38.671	4.899,42
Campo Largo	109.015	109.015	37.909	4.268,43
Cascavel	306.160	306.160	111.693	12.908,56
Colombo	229.798	229.798	78.067	8.720,91
Curitiba	1.917.185	1.917.185	734.494	89.637,22

8 <http://www.agepar.pr.gov.br/Noticia/Agepar-homologa-Primeira-Revisao-Tarifaria-Periodica-da-Sanepar>

9 <https://www.documentador.pr.gov.br/documentador/pub.do?action=d&uid=@gtf-escriba-agepar@63c280f5-9604-48bb-a0f6-1e4075d9950a&emPg=true>

Foz do Iguaçu	256.674	256.674	98.245	13.887,64
Guarapuava	164.885	164.885	59.009	6.666,34
Londrina	549.273	549.273	218.215	29.231,07
Maringá	409.508	409.508	141.278	18.292,48
Paranaguá	148.105	148.105	35.499	4.325,33
Pinhais	130.789	130.789	43.097	5.091,98
Piraquara	54.495	54.495	32.314	3.369,26
Ponta Grossa	340.361	340.361	128.376	13.701,30
São José dos Pinhais	284.654	284.654	101.688	11.398,80
Toledo	125.734	125.734	50.711	5.891,12
Umuarama	102.658	102.658	42.070	5.253,80
Total dos municípios com mais de 100 mil hab.	5.718.669	5.718.669	2.122.393	257.065
Total do Estado	9.635.025	9.631.276	4.158.594	447.013
Participação dos municípios com mais de 100 mil hab. no Estado do Paraná	59,4%	59,4%	51,0%	57,5%

FONTE: Adaptado do SNIS 2018 – Elaboração própria.

2.4 FATORES QUE IMPACTAM NO CONSUMO RESIDENCIAL DE ÁGUA

Várias pesquisas vêm buscando relacionar a demanda residencial por água a variáveis socioeconômicas, climatológicas e a características dos imóveis, entretanto, devido ao grande número de variáveis envolvidas, torna-se complexo caracterizar o consumo de água residencial, conforme aborda Garcia (2011).

Os primeiros estudos com a análise do consumo de água foram realizados com dados temporais, ou seja, considerando os dados históricos, como por exemplo, consumo histórico, preços, temperatura, chuvas, entre outros. A partir dos anos 2000, com o avanço da capacidade de processamento dos dados das variáveis espaciais, ou seja, além dos dados temporais são incluídos nos modelos aspectos físicos da região de estudo, como metragem das casas, ilha de calor humano, índice de vegetação, tamanho do espaço exterior dos imóveis.

Para Mukand, Ashim & Pradhan (2007), a demanda residencial de água depende de fatores socioeconômicos características como a população, tamanho da família, renda, escolaridade, e também com fatores climáticos como a temperatura e a precipitação. Utilizando as variáveis descritas, os autores aplicaram a modelagem econométrica de regressão multivariada com os dados mensais e anuais da utilização doméstica de água no Vale de Kathmandu, Nepal, do período de 1988 a 1997, e de 1998 a 2001 para testarem o desempenho do modelo de previsão de demanda de água. Com a aplicação da metodologia, os autores concluíram que

número de ligações, tarifa de água, nível de educação e precipitação anual total são relevantes para explicar a demanda doméstica de água no Vale de Kathmandu, Nepal.

Em 2011, House-Peters & Chang fizeram uma revisão dos estudos científicos sobre a demanda urbana de água com as publicações de 1978 até 2010. Analisando a evolução das metodologias, onde foram aplicadas para validação das variáveis que impactam no consumo de água, no qual, apontam para um conjunto de interações complexas de variáveis humanas e naturais em múltiplas escalas temporais e espaciais.

As variáveis temporais mais usadas apontam para os primeiros trabalhos publicados que foram analisados por House-Peters & Chang (2011), foram utilizadas variáveis climáticas (temperatura, precipitação e velocidade do vento) e variáveis socioeconômicas (tarifa de água, renda das famílias, crescimento populacional, estrutura tarifária) com a utilização de modelos econométricos. Com o avanço da disponibilidade dos dados, das metodologias estatísticas e dos sistemas computacionais, como apontam os autores, foram incluídas variáveis espaciais, como tamanho e características das residências, tamanho dos jardins, número de banheiros, proporção de lares unifamiliares e também a aplicação de novas metodologias como redes neurais, modelos de entropia máxima bayesiana e modelo de previsão de espaço.

A conclusão do trabalho de House-Peters & Chang (2011) é que, mesmo com as limitações de cada modelo já aplicado, têm melhorado a compreensão da procura de água urbana, principalmente os avanços nas metodologias teóricas e empíricas para representação, modelação e simulação.

2.4.1 Fatores econômicos

Do ponto de vista da teoria econômica, de maneira geral, o preço e a renda são variáveis importantes para qualquer compreende a demanda e a oferta de qualquer bem de consumo. Assim, considerando o consumo de água residencial, pode-se esperar, que o nível de renda das famílias afete de maneira positiva a demanda, pois, quanto maior a renda maior a tendência nas famílias do consumo esperado de água. Nesse sentido, as famílias tendem a usarem mais água para conforto e para o lazer, como, por exemplo o uso de piscinas, maior espaço de jardinagem, lavagem

dos carros, duchas, máquinas de lavar, banheiras de hidromassagem, entre outros confortos gerados pela maior disponibilidade de renda. (FERNANDES NETO, 2003)

Os estudos para avaliar os impactos das tarifas de água iniciaram, com a pesquisa de Howe e Linaweaver (1967) sobre os impactos dos preços da água no consumo residencial interior e exterior com dados de 39 áreas do Oeste dos Estados Unidos do período de outubro 1961 a junho de 1966, usando modelagem de séries temporais e dados transversais para construir regressões múltiplas avaliam os impactos no pico de consumo tanto de manhã quanto à noite, com o objetivo de avaliar esquemas ótimos de preços, e assim, preverem os impactos do preço e da renda na demanda de água residencial, chegando os autores à conclusão de que as demandas domésticas são relativamente inelásticas em relação ao preço principalmente no inverno.

Outro estudo foi desenvolvido por Thomas e Syme (1988) com o objetivo de testar elasticidade preço-demanda para as residências em Perth na Austrália, para tanto, utilizaram uma amostra de 26 grupos quinzenais de 140 habitações entre os anos de 1981 e 1982, com a utilização de método de avaliação contingente e comparando com dados a modelagem de séries temporais, concluíram que a modelagem sendo conduzida adequadamente, os resultados são satisfatórios para medir o impacto em bloco dos preços na demanda das residências.

Outro estudo sobre a elasticidade da demanda de água foi conduzido por Schneider e Whitlach (1991), onde investigaram a elasticidade entre os diferentes tipos de uso, como o residencial, comercial, industrial, governamental, escolar e o total para as cidades de Colombo, Ohio nos Estados Unidos, utilizando dados anuais de 1959 até 1977. Os autores utilizaram os modelos de regressão múltipla, regressão *pooled* e de mínimos quadrados generalizados com os parâmetros de fatores de preço, renda *per capita*, população por tipo de uso, composição da habitação e precipitação no verão. O estudo evidenciou que, exceto para a indústria, o preço da água tem impacto em todos os tipos de uso e também que a renda também é um fator significativo para o consumo e também o modelo que melhor se ajustou ao escopo de trabalho foi a regressão modelo generalizado de mínimos quadrados com variáveis *dummy* transversais.

Ainda no início da década de 1990, a pesquisa de Lyman (1992) colabora com os estudos de elasticidade dos preços do consumo da demanda de água nas residências com efeitos sazonais de pico e fora de pico com dados da cidade de

Moscow, estado de Idaho nos EUA, para o período de 1983 até 1987, com dados de agregados familiares para o consumo de água e os preços praticados para períodos bimestrais, utilizando também como variáveis fatores de impacto além do preço, a renda familiar, valor e características da propriedade e a distribuição etária. A técnica aplicada pelo autor foi a modelagem normal mínimos quadrados para toda a secção transversal e tempo agrupados, com isso permite o ajuste dos efeitos sazonais no modelo. Os resultados se mostraram significativos para a elasticidade dos preços do consumo da demanda de água principalmente nos períodos de pico no verão.

O estudo de Chu, J., Wang, C., Chen, J. et al (2009) utilizando dados de 1985 a 2000, os mesmos, analisaram o comportamento do consumo residencial em Beijeing na China, considerando os costumes e as mudanças tecnológicas dos equipamentos e dispositivos de uso de água, como por exemplo, maquinas de lavar roupa, torneiras e chuveiros mais eficientes, entre outros, com o objetivo de mostrar como a renda e os avanços tecnológicos afetam o consumo de água nas residências. Com a utilização da aplicação de técnicas de simulação social baseada no agente, os autores concluíram que a renda é um importante fator que impacta na quantidade de água consumida.

Para Torregrosa, Teresa & Sevilla, Martín & Montano, Borja & López-Vico, Victoria (2010), os autores estudaram a interação entre todos os agentes que utilizam os recursos hídricos em Marina Baja na Espanha com dados de 1995 a 2002. Com a utilização de sistemas de equações simultâneas e aplicando o método de mínimos quadrados nas equações, os mesmos, propuseram que o preço não é um fator de controle para a demanda urbana para o escopo analisado, contribuindo com outros estudos de que existe uma inelasticidade entre preço e demanda de água.

2.4.2 Fatores social e demográfico

A contribuição do trabalho de Billings e Agthe (1998), além de usar as variáveis de preço, temperatura e pluviometria e renda *per capita*, foi a inclusão da taxa de subsidio em bloco. Os autores utilizaram dados da empresa Tucson Waterque, atua na cidade de Tucson no Arizona nos EUA, para os anos de 1974 a 1980. No trabalho foi aplicado a metodologia ARIMA e de regressão múltipla para prever um período de 24 meses do consumo de água. Apesar da inclusão da variável do subsidio em bloco não ser significativo com os dados do estudo, o modelo proposto pelos autores foi satisfatório em termos de previsão da demanda.

Em 2002, um estudo considerando 11 áreas urbanas nos Estados Unidos e Canadá, de Cavanagh, Hanemann e Stavins (2002), aplicaram em sua pesquisa para identificar os efeitos na população, de preços de água em bloco para variáveis considerando as características dos imóveis, como número de banheiros, a idade e o tamanho no imóvel. Com a inclusão desses dados, os autores concluíram, que as características das residências sofrem pouco impacto de políticas de conservação de água, pois os consumidores adotam em seus custos totais as características da casa, tendo pouco o impacto a variação preços da água em seus costumes.

Utilizando os dados do consumo diário *per capita* para o ano de 2003, onde a amostra das informações considerou a metade da população da Alemanha, os autores Schleicha e Hillenbrando (2007) trouxeram para a discussão acadêmica vários determinantes econômicos, ambientais e sociais que podem impactar na procura de água residencial. Além dos preços, renda e tamanho das famílias, já estudados anteriormente, a novidade foi a inclusão como variáveis explicativas a idade da população, a proporção de poços, patamares habitacionais, precipitação e temperatura. Com a aplicação da metodologia de mínimos quadrados ordinários e com modelos em semi-log, verificaram que além dos impactos das variáveis já estudadas, que o tamanho das famílias e a proporção de poços têm um impacto negativo na demanda de água *per capita* e com o avanço da idade o uso de água aumenta.

Uma outra abordagem de Fox, McIntosh e Jeffrey (2009), avaliaram a demanda de água doméstica com dados de 1555 residências do Reino Unido entre 2001 e 2003. Utilizando análise multivariada para analisar previsão da procura de água utilizando apenas características de propriedade, os autores concluíram que existe diferenças significativas para imóveis de diferentes tamanhos, como número de quartos, e também quanto a sua estrutura de construção e presença no jardim na demanda de água.

2.4.3 Fatores climáticos

No final da década de 1970, o autor Danielson (1979) apresentou uma inovação na discussão para a época ao incorporar em seu modelo novas variáveis, como as condições climáticas de temperatura e precipitação, além do valor do imóvel, tarifa e o tamanho das famílias, usando dados mensais e aleatórios de 261 residências na Carolina do Norte nos Estados Unidos, e com um intervalo de dados entre maio de

1969 e dezembro de 1974, também utilizando a metodologia de series temporais e dados transversais. Em sua pesquisa, o autor chegou à conclusão que as alterações no preço em condições climáticas de inverno são menores.

Em 1986 Franklin e Maidment, analisaram a previsão de curto prazo, entre uma semana a um mês, sobre os impactos das chuvas no consumo municipal da cidade de Deerfield Beach na Florida, entre os anos de 1976 e 1980 com o período de previsão do modelo para um ano. Utilizando series temporais, os resultados dos modelos mostraram que existe correlação entre a pluviosidade e a demanda de água, e que quanto melhor as previsões de chuva melhor é a precisão das previsões de curto prazo.

No mesmo ano, foi publicado o trabalho de Maidment e Miaou (1986), com o objetivo de estimar a demanda municipal diária de nove cidades americanas dos estados da Flórida, Pensilvânia e Texas e também de avaliar se existe impacto no consumo de água em função das variáveis de temperatura do ar e precipitação. Utilizando dados do ano de 1978 e aplicando a técnica de séries temporais, concluíram que a demanda de água responde em primeiro lugar a ocorrência das chuvas e depois pela sua quantidade e conseqüentemente as mudanças na temperatura do ar.

Com a utilização de series temporais, Miaou (1990) apresentou um modelo considerando além do consumo defasado e um sazonal composto da temperatura na ausência de chuva, diminuição do consumo na ocorrência de chuvas, e um componente aleatório com dados mensais da cidade de Austin, Texas, de 1975 a 1984. Os resultados alcançados pelo autor foram satisfatórios e evoluindo nos estudos ao aplicar modelos não lineares considerando os efeitos climáticos no consumo de água, superando estudos anteriores que foram utilizados considerando modelos lineares.

O trabalho de Polebitski, Palmer e Waddell (2010) contribuíram ao tema ao proporem um modelo de previsão espacial detalhada para um planejamento de 30 anos na região de Puget Sound nos Estados Unidos, utilizando os dados do censo demográfico de 2001 e com o objetivo de previsão da procura de água até 2030. Nesse sentido, desenvolveram um modelo aplicação regressão múltipla e usando variáveis de crescimento populacional, o uso do solo, os preços e as mudanças climáticas que podem afetar a procura de água residencial. Essa simulação de procura urbana de água, segundo os pesquisadores, contribuiu para a criação de cenários de crescimento de demanda diante das alterações nas variáveis e seus

possíveis impactos na taxa de poupança de água que garanta o atendimento da demanda residencial projetada.

3. METODOLOGIA

De acordo com Silva (2003), existem dois métodos para a previsão de demanda futura, os métodos quantitativos e os métodos qualitativos. Os métodos quantitativos se baseiam em modelos matemáticos e estatísticos como séries temporais, modelos causais e redes neurais artificiais, entre outros. Já os qualitativos são métodos não críticos baseados em percepção, entrevistas, julgamentos sendo usados para criarem cenários futuros como por exemplo pesquisa de mercado, projeção de demanda e Delphi¹⁰.

O método Delphi, pouco utilizado no Brasil, aborda a previsão de demanda por meio da percepção isenta de especialista do setor a ser abordado, uma de suas vantagens é quando não existe series de dados confiáveis para a construção de estimativas futuras. Em seu trabalho, Couto, Felipe & Soares, Dácio & Cardoso, Andrey (2012) aplicaram esta essa metodologia para a previsão de mercado de um novo produto para uma fábrica de cerâmica da região norte do Estado de Minas Gerais. No estudo, dado que não se dispunha de estudos sobre a aceitabilidade desde novo produto, os autores com o uso da técnica Delphi concluíram como viável a introdução do novo produto baseado no uso desta metodologia de previsão.

Baseado nos estudos apresentados a proposta do trabalho é de utilizar modelos quantitativos de series temporais e modelos causais com a utilização de regressão multivariada, como será detalhado a seguir.

3.1 MODELO DE DEMANDA URBANA RESIDENCIAL DE ÁGUA

A modelagem inicial para o desenvolvimento deste estudo é baseado na função de demanda residencial urbana de água, sendo uma adaptação do estudo de previsão

10 O método Delphi é uma técnica que utiliza a opinião isenta de especialistas que, sem contato entre eles, devem chegar a um consenso de adequação das projeções sobre a demanda futura.

https://www.researchgate.net/publication/328411017_Metodo_Delphi_a_Aplicacao_da_Previsao_de_Demanda_e_Analise_de_Mercado_para_uma_Produtora_de_Ceramica_da_Regiao_Norte_do_Estado_de_Minhas_Gerais.

Acesso em 10 de novembro de 2020.

utilizada por Billings and Agthe (1998) que utilizaram as variáveis de temperatura, precipitação, renda e a tarifa média praticada, conforme já descrito no capítulo 2. Os autores utilizaram a metodologia para a previsão da demanda de água para o médio prazo, sendo um dos objetivos do presente trabalho. A função de demanda residencial de água adaptada pelo autor será demonstrada a seguir:

$$D = f(\beta_1 T, \beta_2 C, \beta_3 P, \beta_4 R) \quad (3.1)$$

Onde:

D = Consumo mensal de água em m³;

T = Temperatura média mensal;

C = Precipitação média mensal;

P = Tarifa média praticada por m³ do consumo de água;

R = Renda per capita mensal dos consumidores;

Dado a função inicial (3.1) e seguindo a revisão da literatura sobre o tema, esperasse que os sinais dos estimadores β sejam: $\beta_1 > 0$ (com o aumento da temperatura espera-se o aumento no consumo); $\beta_2 < 0$ (com o aumento da precipitação espera-se que diminua o consumo); $\beta_3 < 0$ (com o aumento do preço espera-se que diminua o consumo) e $\beta_4 > 0$ (com o aumento na renda espera-se que aumente o consumo).

Com a proposta da função básica (3.1), se pretende aplicar o modelo econométrico de modelo de regressão multivariada de Vetor Autorregressivo (VAR), o teste de causalidade de Granger e Vetor de Correção de Erros (VEC), usando como referencial os modelos testados pelos autores Oliveira Neto e Lima (2017), para a compreensão da demanda residencial por energia elétrica no Brasil com dados de 1990 a 2013. A justificativa para a adaptação desse modelo é motivada pela similaridade entre os setores de energia elétrica e de saneamento por serem do setor de infraestrutura e tanto pela quantidade de consumidores, assim, entende-se que o modelo apresentado pelos autores acima citados tem viabilidade em ser aplicado para o objetivo de presente estudo.

Considerando a proposta de adaptação entre os modelos de Billings and Agthe (1998) e Oliveira Neto e Lima (2017) onde são extraídos um embasamento teórico para a escolha das variáveis para a função de demanda residencial de água e,

posteriormente, a escolha da técnica econométrica a ser utilizada para a estimação do modelo e posteriormente a previsão da demanda urbana residencial de água.

Os modelos ARIMA e SARIMA aplicados em diversos estudos de séries temporais, não serão trabalhadas no presente trabalho devido ao caráter univariado da técnica.

3.2 METODOLOGIA VAR – VEC

A metodologia dos Vetores Autorregressivos (VAR) teve grande repercussão, e posteriormente, ampla utilização com o estudo do economista Christopher Albert Sims em 1980, principalmente para estudos na área de macroeconomia. A técnica da estimação multivariada busca encontrar relações e padrões entre diversas variáveis simultaneamente, comumente realizado através das funções impulso-resposta. Assim, todas as variáveis são tratadas de forma igualitária, portanto não há distinção entre variáveis endógenas ou exógenas, sendo que as variáveis são diferenciadas tantas vezes quanto se fizer necessário, para que atenda a premissa de estacionariedade da série (Fiori e Lopes, 2014).

Seguindo a metodologia de Oliveira Neto e Lima (2017) a aplicação da técnica de Vetor Autorregressivo (VAR) é através da modelagem de equações multivariadas que permite examinar a existência ou não de relações de dependência entre as variáveis endógenas com defasagem para testar o impacto que estas variáveis têm nos valores para o presente, além de sinalizar possíveis impactos de perturbações estocásticas na série de tempo. Com essas premissas o modelo permite observar o comportamento da série no futuro sendo eficiente em análise de previsão.

Complementando a abordagem vetorial a metodologia Vetor de Correção de Erros (VEC) desenvolvida pelo trabalho de Engle & Granger (1987), permite ao pesquisador analisar as relações de curto prazo entre a demanda de água e os regressores, ou seja, conforme a conclusão de Ferreira (2018):

“...que possibilitou uma abordagem endógena da não estacionariedade, onde apontam que em alguns casos é possível representar a tendência estocástica presente nas variáveis como uma função linear delas mesmas, o que tem como principal consequência a possibilidade de estimar relações de longo prazo com variáveis não estacionárias...” (FERREIRA, 2018)

Seguindo a estimação por meio do VEC, a definição do número de defasagens necessárias será aplicada o número de defasagens de acordo com o maior número de critérios: Teste de Cointegração, Akaike (AIC), e Schwarz (SIC).

3.2.1 Adaptação do modelo VAR e VEC para o escopo de estudo

A aplicação do modelo VAR e VEC partiu de uma adaptação da função de produção de Cobb-Douglas proposta em 1928, onde a determinação da produção é determinada por uma função multiplicativa determinada pela quantidade de capital investido e da mão de obra empregada, conforme a equação 3.2:

$$P(L, K) = b \cdot L^{\psi} \cdot K^{1-\psi} \quad (3.2)$$

Onde: P é a produção; b é o intercepto da função de produção; L é a quantidade de trabalho empregada; K é a quantidade de capital investido; ψ é a elasticidade trabalho da produção; $1 - \psi$ é a elasticidade capital da produção.

O modelo matemático básico que será aplicado pela metodologia VAR-VEC é uma derivação da função de Cobb-Douglas ao tomar o seu logaritmo em ambos os lados, nesse sentido, a proposta é a seguinte equação linear de demanda urbana de água:

$$\text{Ln}D_i = \text{Ln}k_i + \gamma \text{Ln}T_i + \beta \text{Ln}C_i + \delta \text{Ln}P_i + \theta \text{Ln}R_i + \alpha \text{Ln}E_i \quad (3.3)$$

Considerando i como o tempo:

D_i = é a i -ésima consumo residencial urbano de água mensal;

k_i = é a constante positiva, que pode ser entendido no modelo como a consumo mínimo de água;

T_i = é a i -ésima temperatura média mensal;

C_i = é a i -ésima precipitação acumulada mensal;

P_i = é a i -ésima tarifa média praticada;

R_i = é a i -ésima renda per capita média mensal;

E_i = é a i -ésima economia residencial mensal;

$\gamma, \beta, \delta, \theta$ e α = são as elasticidades dos atributos explicativos em relação ao consumo residencial urbano.

Cabe salientar que na modelagem proposta de VAR-VEC, a ordenação das variáveis na equação pode impactar nos resultados da estimação. No presente trabalho, algumas variações foram realizadas e os resultados apresentados foram ligeiramente diferentes, entretanto seguindo a equação 3.1 básica adaptada de Billings and Agthe (1998) as variáveis seguirão a sequência definida na equação 3.3.

3.3 TESTES ESTADÍSTICOS

Para a construção do modelo são necessários alguns testes estatísticos com o objetivo de verificar as premissas das series temporais, ou seja, podem ser utilizados para análise da adequação do modelo. Portanto, caso algumas dessas premissas não seja atendida, pode-se dizer que o modelo apresenta erro de especificação.

Os testes estatísticos que serão apresentados neste capítulo, são aplicados durante toda a construção da modelagem, assim a cada estágio da construção do modelo, são aplicados testes para verificar se todas as premissas básicas estão sendo validadas para o conjunto de dados estudado. A seguir, alguns conceitos básicos para a estimação da modelagem VAR:

- a) Testes para definição da especificação do modelo;
- b) Testes para a inclusão ou não das variáveis defasadas;
- c) Testes para análise dos erros (ruído branco);
- d) Testes para verificação da aderência do modelo.

3.3.1. Testes para definição da especificação do modelo

Um dos primeiros testes aplicados na modelagem VAR – VEC, cujo o objetivo é o de verificar se a serie temporal é estacionária, é o teste da raiz unitária. Assim, os pesquisadores Dickey e Fuller desenvolveram uma estimação dessa premissa. Segundo Gujarati e Porter (2011), a teste Dickey e Fuller pode ser explicado com a seguinte equação:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + U_t, \text{ onde } -1 \leq \rho \leq 1 \quad (3.4)$$

Considerando t é como o tempo; Y_t os dados a serem modelados; ρ é o coeficiente de Y_{t-1} ; e U_t o termo do ruído branco. Para que seja realizado o teste a equação 3.4 é transformada para a equação a seguir:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + U_t \quad (3.5)$$

Sendo que: $\delta = \rho - 1$ e ΔY_t como o primeiro operador da diferença da série. Com esse teste, Dickey e Fuller conseguem demonstrar que sob a hipótese nula $\delta = 0$, o valor estimado de coeficiente de Y_{t-1} da equação 3.5, assim caso seja atendida a hipótese nula, portanto se sugere que $\rho = 1$, e, chegando à conclusão que existe a presença de raiz unitária, assim a série é considerada não estacionária. Enquanto que a hipótese alternativa, quando o modelo não possui raiz unitária, a série é considerada estacionária, para esse teste é utilizado coeficiente de correlação de postos de Kendall, também conhecido como teste τ , sendo um teste de hipóteses não paramétricos.

Seguindo esses mesmos critérios, o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) é aplicado nas situações em que o termo de ruído branco U_t estão correlacionados, ou seja, muitas vezes a premissa de ruído branco não é encontrada na prática, o que pode causar erro na aplicação do teste. Assim o ADF, propõe um modelo autorregressivo das variáveis, com o objetivo de corrigir o desvio do valor correto da estatística. Assim, seguindo das premissas das equações 3.4 e 3.5 e considerando apenas os valores da variável dependente ΔY_t , onde se define o número máximo de defasagens das diferenças pelo critério de Schwert (1989). Como padrão é adotado um valor elevado de defasagens avaliando a significância estatística de todas as defasagens até o último termo, diminuindo o número de defasagens até que o último termo defasado obtenha significância estatística.

Em seguida, necessário a realização do teste de cointegração dados que as vezes, ao se estudar séries temporais existe a possibilidade de que as variáveis escolhidas possam ter uma ter uma mesma tendência produzindo assim uma regressão que seja satisfatória em termo de resultado, entretanto sem nenhum significado econômico. Para avaliar esse possível erro de estimação é necessário aplicar o VEC, ou seja, avaliar se as séries analisadas apresentam uma relação de longo prazo entre si. O pesquisador Johansen (1988) desenvolveu esse método para testar a existência de relação de longo prazo entre as variáveis simultaneamente aos vetores de cointegração, podendo assim, propiciar significativos ganhos de eficiência na estimação e, conseqüentemente, na previsão.

3.3.2. Testes para a inclusão ou não das variáveis defasadas

Após a verificação da estacionariedade da série com os testes já apresentados, o próximo passo para a construção do modelo VAR é a identificação do número de defasagens através de uma identificação de hierarquia entre os modelos proposto por ser mais parcimonioso. O método utilizado para esta identificação são os critérios de Akaike e Schwars.

O Critério de Informação de Akaike (AIC) desenvolvido em Akaike (1974), é uma medida relativa da qualidade de ajuste de um modelo estatístico estimado, sendo um critério que avalia a qualidade do ajuste do modelo paramétrico e estimado pelo método da máxima verossimilhança. A AIC pode ser definida pela equação abaixo:

$$AIC = \ln AIC = (2k / n) + \ln (SQR / n) \quad (3.6)$$

Considerando que K é número de regressores, SQR é a soma dos quadrados dos resíduos e n como a quantidade de observações. O critério de comparação para a escolha entre os modelos propostos é a que possui o menor valor do AIC.

Já o Critério de Informação Schwars (SIC) também conhecido como Critério de informação Bayesiano (BIC) é um critério de teste para os modelos em estudo, sendo definido em termos da probabilidade a posteriori, onde também é utilizado o método da máxima verossimilhança. O BIC, ao contrário do AIC propõe medidas corretivas mais restritivas, como pode ser demonstrado na seguinte equação:

$$\ln SIC = k/n \ln n + \ln SQR/n \quad (3.7)$$

Dados que a correspondência da equação 3.8 segue o descritivo da equação 3.7, o critério de SIC também possui o mesmo critério de avaliação do AIC, ou seja, dentro os modelos propostos o melhor resultado é aquele que possui o menor valor der SIC.

Além dos critérios AIC e SIC, será realizado o teste Hannam-Quinn (HBIC) como complemento dos demais teste de informação, que apesar de ser pouco utilizado, é um complemento para a melhor seleção dos critérios de informação.

Na avaliação entre os dois critérios AIC e SIC, Bueno (2011) análise que o AIC apresenta melhores resultados mesmo que para pequenas amostras o BIC é mais consistente e tende a escolher um modelo mais parcimonioso.

Após a definição do número de defasagens, para reforçar os coeficientes angulares obtidos pelo VAR, será realizado o teste de causalidade de Granger, conforme descrito por Wooldridge (2016), no qual ressalta que o teste é adequado para modelo VAR já que buscar identificar uma causa num passado, as variáveis defasadas, para a previsão de um valor no futuro.

3.3.3. Testes das suposições do modelo teórico

Na próxima etapa da técnica VAR, já com o modelo definido são realizados os testes de diagnóstico dos resíduos como o teste de verificação da normalidade dos resíduos pelo método de Jarque-Bera e o teste de multiplicador de Lagrange (LM) para verificar a ausência de autocorrelação nos resíduos.

Para a análise da normalidade primeiramente é preciso observar a curtose e a assimetria dos resíduos, assim o teste de Jarque-Bera se baseia nos resíduos dos Mínimos Quadrado Ordinários. Sendo a hipótese nula de que os resíduos são normalmente distribuídos, principalmente para amostras grandes, já a hipótese alternativa é de que os resíduos não possuem distribuição normal.

3.3.4. Verificação da aderência do modelo

Após os testes com os resíduos do modelo VAR aplicado, serão utilizados indicadores para o diagnóstico do modelo a partir dos erros. O teste é o do erro absoluto médio (MAE), que nada mais é que a média dos erros absolutos da amostra.

3.3.5. Proposta de Modelo Geral do Estado

Para o desenvolvimento da proposta do modelo geral do Estado do Paraná, ao final da estimação dos modelos VAR e VEC nas mesorregiões serão somadas as

previsões das duas metodologias para análise e comparação dos resultados, para a verificação da melhor aderência aos resultados reais dos anos de 2018 e 2019.

3.4 DADOS UTILIZADOS

A partir da equação (3.1), as estimativas serão calculadas com os dados dos municípios do Paraná com mais de 20 mil habitantes para o ano de 2018 conforme dados publicados pelo SNIS, que usam estimativas de população da IBGE e separados por mesorregiões e utilizados dados mensais de 2010 a 2019. Após as estimativas dos dados por mesorregião as previsões serão agregadas para gerar o valor para o Estado do Paraná. Sendo que os dados utilizados entre 2010 a 2017 serão usados como treinamento do modelo e os dados entre 2018 a 2019 para avaliação da qualidade do modelo. Para manipulação dos dados foram utilizados os softwares Microsoft Excel® e o Stata®.

A exceção da divisão por mesorregião se dará na Região Metropolitana de Curitiba para os municípios que compõem o litoral paranaense, que de acordo com o apresentado pelo clima no capítulo 2, possui clima diferente e também por ser uma região de litorânea possui a sazonalidade, onde existe mais consumo e mais pessoas durante a temporada de verão.

A premissa utilizada para a seleção dos municípios com mais de 20 mil habitantes foi definida por representarem cerca de 80% da população urbana do Paraná, conforme dados do IBGE e detalhado na TABELA 2 a seguir:

TABELA 2 – MUNICÍPIOS DO PARANÁ COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES DO PARANÁ EM 2018

Município	Nome da Mesorregião	População total do município	População urbana do município
Almirante Tamandaré	Metropolitana de Curitiba	117.168	112.273
Apucarana	Norte Central Paranaense	133.726	126.183
Arapongas	Norte Central Paranaense	121.198	118.523
Arapoti	Centro Oriental Paranaense	27.925	23.522
Araucária	Metropolitana de Curitiba	141.410	130.824
Assis Chateaubriand	Oeste Paranaense	33.397	29.340
Astorga	Norte Central Paranaense	26.011	23.758
Bandeirantes	Norte Pioneiro Paranaense	31.526	27.804
Cambará	Norte Pioneiro Paranaense	25.252	23.644
Cambé	Norte Central Paranaense	105.704	101.572
Campina Grande do Sul	Metropolitana de Curitiba	42.880	35.350

Campo Largo	Metropolitana de Curitiba	130.091	109.015
Campo Magro	Metropolitana de Curitiba	28.885	22.727
Campo Mourão	Centro Ocidental Paranaense	94.212	89.330
Cascavel	Oeste Paranaense	324.476	306.160
Castro	Centro Oriental Paranaense	71.151	52.253
Cianorte	Noroeste Paranaense	81.393	72.462
Colombo	Metropolitana de Curitiba	240.840	229.798
Colorado	Norte Central Paranaense	23.879	22.447
Cornélio Procopio	Norte Pioneiro Paranaense	47.847	45.176
Curitiba	Metropolitana de Curitiba	1.917.185	1.917.185
Dois Vizinhos	Sudoeste Paranaense	40.234	31.244
Fazenda Rio Grande	Metropolitana de Curitiba	98.368	91.446
Foz do Iguaçu	Oeste Paranaense	258.823	256.674
Francisco Beltrão	Sudoeste Paranaense	89.942	76.847
Goioerê	Centro Ocidental Paranaense	28.962	25.193
Guaíra	Oeste Paranaense	32.923	30.244
Guarapuava	Centro-Sul Paranaense	180.334	164.885
Guaratuba	Metropolitana de Curitiba (Litoral Paranaense)	36.595	32.844
Ibaiti	Norte Pioneiro Paranaense	31.142	25.038
Ibiporã	Norte Central Paranaense	53.970	51.391
Imbituva	Sudeste Paranaense	32.179	20.229
Irati	Sudeste Paranaense	60.357	48.250
Itaperuçu	Metropolitana de Curitiba	28.187	23.548
Ivaiporã	Norte Central Paranaense	32.035	27.627
Jacarezinho	Norte Pioneiro Paranaense	39.435	35.053
Jaguariaíva	Centro Oriental Paranaense	34.683	29.827
Lapa	Metropolitana de Curitiba	47.909	29.026
Laranjeiras do Sul	Centro-Sul Paranaense	32.006	26.031
Loanda	Noroeste Paranaense	22.927	20.843
Londrina	Norte Central Paranaense	563.943	549.273
Mandaguaçu	Norte Central Paranaense	22.531	20.030
Mandaguari	Norte Central Paranaense	34.281	32.471
Marechal Cândido Rondon	Oeste Paranaense	52.379	43.796
Marialva	Norte Central Paranaense	35.180	28.391
Maringá	Norte Central Paranaense	417.010	409.508
Matinhos	Metropolitana de Curitiba (Litoral Paranaense)	34.207	34.034
Medianeira	Oeste Paranaense	45.812	40.962
Nova Esperança	Norte Central Paranaense	27.821	25.425
Paiçandu	Norte Central Paranaense	40.777	40.220
Palmas	Centro-Sul Paranaense	50.198	46.578
Palmeira	Centro Oriental Paranaense	33.757	20.361
Palotina	Oeste Paranaense	31.564	27.122
Paranaguá	Metropolitana de Curitiba (Litoral Paranaense)	153.666	148.105
Paranavaí	Noroeste Paranaense	87.813	83.656
Pato Branco	Sudoeste Paranaense	81.893	77.051
Pinhais	Metropolitana de Curitiba	130.789	130.789
Piraquara	Metropolitana de Curitiba	111.052	54.495

Ponta Grossa	Centro Oriental Paranaense	348.043	340.361
Pontal do Paraná	Metropolitana de Curitiba (Litoral Paranaense)	26.636	26.411
Prudentópolis	Sudeste Paranaense	51.961	23.922
Quatro Barras	Metropolitana de Curitiba	23.199	20.967
Quedas do Iguaçu	Centro-Sul Paranaense	33.788	23.170
Rio Branco do Sul	Metropolitana de Curitiba	32.273	23.212
Rio Negro	Metropolitana de Curitiba	33.922	27.887
Rolândia	Norte Central Paranaense	65.757	62.219
Santa Terezinha de Itaipu	Oeste Paranaense	23.224	20.991
Santo Antônio da Platina	Norte Pioneiro Paranaense	45.728	39.557
São José dos Pinhais	Metropolitana de Curitiba	317.476	284.654
São Mateus do Sul	Sudeste Paranaense	45.806	28.540
Telêmaco Borba	Centro Oriental Paranaense	78.135	76.534
Toledo	Oeste Paranaense	138.572	125.734
Umuarama	Noroeste Paranaense	110.590	102.658
União da Vitória	Sudeste Paranaense	57.111	54.131
Total	-	8.334.061	7.758.801

FONTE: Adaptado do SNIS (2018) – Elaboração própria.

Os dados referentes aos volumes medidos de água residencial e a quantidade de economias residenciais dos municípios selecionados foram disponibilizados pelos representantes das informações, sendo a Sanepar e as demais empresas municipais a fonte dos dados.

Em relação aos dados climáticos de precipitação acumulada e temperatura média, os mesmos foram disponibilizados pelo Simepar, sendo considerado os dados disponíveis pelas mesorregiões e realizado uma média ponderada pela quantidade de população dos municípios selecionados.

A tarifa média praticada por município foi agregada para a mesorregião pela média ponderada, nesta tarifa são considerados os serviços de água e esgoto, com a premissa que o consumidor em sua rotina de consumo não faz distinção no custo com o serviço de água ou esgoto. Os dados são anuais pois os ajustes normalmente ocorrem uma vez ao ano e extraídos do SNIS, no aplicativo disponível série histórica¹¹.

Para a renda dos municípios e para o total do Estado, dado que não está disponível nos sistemas oficiais, um valor mensal projetado para o presente estudo. Será

11 Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Série História disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>

necessário a utilização do consumo de energia elétrica residencial da região Sul de como uma variável *proxy*, sendo que os dados foram extraídos por meio da Empresa de Pesquisa Energética – EPE. A escolha dos dados pela região Sul, se justifica devido a indisponibilidade das informações mensais de renda mensal do Paraná, dado que no site do IBGE está disponível apenas os dados trimestrais, como o presente estudo pretende fazer a análise mensal se optou pelo banco de dados mensal.

A escolha desta variável se dá por dois motivos, primeiro pelo fato de ser do setor de utilidade pública como o saneamento, e também como demonstra a pesquisa de Francisco (2010), que analisou indicadores de renda família com base no consumo de energia elétrica por meio de regressão espacial para o município de São Paulo com base nos dados de censo de 2000, concluindo que os indicadores socioeconômicos baseados em consumo de energia elétrica podem ser de grande utilidade como concentração e previsão da renda domiciliar e pela facilidade de acesso a dados mensais.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados por mesorregiões do Paraná da análise do consumo residencial de água em relação as outras várias descritas no capítulo anterior. Para apresentação adequada dos dados será realizado análise mesorregião e por fim uma análise agregada para o total do Estado. Além disso, para análise descritiva, os dados serão analisados em seu formato natural e posteriormente serão utilizados calculados conforme a equação 3.3 com seus valores em logaritmo natural.

4.1 ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

4.1.1 Análise Descritiva dos Dados

Para a construção da base de dados da região metropolitana de Curitiba, com a exceção do litoral do Paraná, que será estimada a parte, como descrito no capítulo 3, e também considerando a premissa da seleção dos municípios com mais de 20

mil habitantes, foram selecionados 15 municípios, a TABELA 3 a seguir apresentará os dados de população, economias residenciais e volume medido de água para o ano de cada região.

TABELA 3 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018

Município	População Urbana	Economias Residenciais	Volume Medido de Água
Almirante Tamandaré	112.273	34.696	3.863.218
Araucária	130.824	47.104	5.270.183
Campina Grande do Sul	35.350	13.970	1.477.376
Campo Largo	109.015	37.909	4.268.434
Campo Magro	22.727	7.363	836.119
Colombo	229.798	78.067	8.720.911
Curitiba	1.917.185	734.494	89.637.222
Fazenda Rio Grande	91.446	46.021	4.518.556
Itaperuçu	23.548	7.175	768.976
Lapa	29.026	11.913	1.220.361
Pinhais	130.789	43.097	5.091.981
Piraquara	54.495	32.314	3.369.263
Quatro Barras	20.967	7.412	868.214
Rio Negro	27.887	9.294	1.080.411
São José dos Pinhais	284.654	101.688	11.398.808

FONTE: Adaptado do SNIS 2018 – Elaboração própria.

Na sequência a TABELA 4 traz a análise descritiva de todas as variáveis para a aplicação do modelo, para a geração dessas informações será utilizada função *sumarize* do software Stata®.

TABELA 4 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA PARA O PERÍODO DE 2010 A 2018

Variáveis	Obs	Mean	Std.Dev.	Min	Max
Demanda água	108	1.140e+07	592939	9.820e+06	1.290e+07
Temperatura	108	17.18	2.761	11.08	22.21
Precipitação	108	116.2	70.77	2.825	376.1
Renda média	108	1.655e+06	171611	1.350e+06	2.166e+06
Tarifa média	108	3.114	0.935	1.910	4.868
Economias	108	1.080e+06	87141	930872	1.213e+06

Fonte: Elaboração do autor

4.1.2 Verificação da estacionariedade das séries

Após a transformação dos dados para o logaritmo natural, foi realizado o teste Dickey-Fuller Aumentando (ADF) para o período de tempo de 2010 a 2017 para todas as variáveis na primeira diferença e também em nível, conforme TABELA 5. Os resultados apresentaram para a mesorregião metropolitana de Curitiba, que para as variáveis de consumo residencial de água (Inconsumo), temperatura média (Intemp), chuvas acumuladas (Inchuvas), renda média mensal (Inrendas) e economias residências de água (Ineconomias) em seus logaritmos naturais tem sua série não estacionária para um nível de significância de 0,01 e podem ser consideradas em sua primeira diferença estacionárias. A tarifa média mensal (Intarifa) por seu caráter mais estável ao longo da série com um valor crítico para não estacionariedade de nível de significância de 0,05.

TABELA 5 – TESTE ADF – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Variável	Termos na equação	Número de Defasagens	Estatística de teste	MacKinnon approximate p-value for Z(t)	Valor Crítico * 1% **5%
InconsumoW	Constante e Tendência	1	-4.425	0.0020	-4.053*
Intemp	Constante e Tendência	1	-5.513	0.0000	-4.053*
Inchuvas	Constante e Tendência	1	-6.326	0.0000	-4.053*
Inrenda	Constante e Tendência	1	-5.442	0.0000	-4.053*
Intarifa	Constante e Tendência	1	-3.471	0.0426	-3.471**
Ineconomias	Sem Constante	0	23.837	0.000	-2.602 *

Fonte: Elaboração do autor

4.1.3 Estimação do modelo VAR

Seguindo a metodologia do modelo VAR o passo seguinte é determinar o número de defasagens a serem consideradas para a estimação do modelo com a adoção dos critérios de Akaike (AIC), Hannam-Quinn (HBIC) e Schwars (SBIC), conforme a TABELA 6 a seguir:

TABELA 6 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Selection-order criteria								
Sample: 2010m11 - 2017m12					Number of obs = 86			
lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	488.959				5.3e-13	-11.2316	-11.1627	-11.0604
1	1010.8	1043.7	36	0.000	6.6e-18	-22.5303	22.0479*	21.3316*
2	1059.96	98.309	36	0.000	4.9e-18	-22.8362	-21.9403	-20.6101
3	1107.13	94.347	36	0.000	3.9e-18	-23.096	-21.7867	-19.8426
4	1146.15	78.04	36	0.000	3.9e-18	-23.1663	-21.4434	-18.8854
5	1185	77.705	36	0.000	4.0e-18	-23.2326	-21.0963	-17.9244
6	1235.58	101.16	36	0.000	3.3e-18	-23.5716	-21.0218	-17.236
7	1282.74	94.328	36	0.000	3.3e-18*	-23.8313	-20.868	-16.4682
8	1321.95	78.415	36	0.000	4.2e-18	-23.9058	-20.5291	-15.5154
9	1362.85	81.791	36	0.000	6.1e-18	-24.0197	-20.2295	-14.6019
10	1436.06	146.42*	36	0.000	5.2e-18	-24.8851*	-20.6813	-14.4398

Endogenous InconsumoW Intemp Inchuvas Intarifa Inrenda Ineconomias
Exogenous cons

Fonte: Dados extraídos do Stata.

Conforme o resultado da pré-estimação do modelo VAR foi considerado para o modelo mais adequado considerando uma defasagem para todas as variáveis e uma constante conforme a TABELA 7 na sequência. Além disso, foi considerado apenas a equação que atende a proposta da equação básica da metodologia:

$$\text{Ln}D_i = \text{Ln}k_i + \gamma \text{Ln}T_i + \beta \text{Ln}C_i + \delta \text{Ln}P_i + \theta \text{Ln}R_i + \alpha \text{Ln}E_i \quad (3.3)$$

Os resultados encontrados pelo modelo VAR. colaboram com as hipóteses esperadas dos sinais positivos e negativos da bibliografia apresentada para um nível de significância de 95%, mesmo que nem todas os coeficientes foram estatisticamente significativos.

Entre as variáveis que apresentaram significância estatística, tem-se a temperatura com seu sinal positivo esperado, ou seja, quanto maior a temperatura maior o consumo esperado residencial de água. Também com significância estatística, a renda com sinal positivo também esperado, dado que, com um aumento na renda é esperado que as pessoas busquem mais conforto, assim, tendo a consumir mais água.

Além disso, a constante com um nível de significância estatística pode se demonstrar que as pessoas possuam um consumo mínimo para atender suas necessidades.

TABELA 7 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Sample 2010m2 - 2017m12			No.	of	Obs = 95
Log likelihood	=	1115.928	AIC	=	-22.60902
FPE	=	6.12e-18	HQIC	=	-22.15278
Det(Sigma ml)	=	2.52e-18	SBIC	=	-21.47993

Equation	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
InconsumoW	7	.031753	0.6669	190.1619	0.0000
Intemp	7	.105946	0.6271	159.7405	0.0000
Inchuvas	7	.59792	0.1999	23.73528	0.0006
Intarifa	7	.029471	0.9868	7123.262	0.0000
Inrenda	7	.053543	0.7342	262.445	0.0000
Ineconomias	7	.000988	0.9998	576563	0.0000

	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
<i>InconsumoW</i>						
InconsumoW L1.	.0477636	.1188831	0.40	0.688	-.1852429	.2807701
Intemp L1.	.070408	.02474	2.85	0.004	.0219185	.1188974
Inchuvas L1.	-.0095393	.0053108	-1.80	0.072	-.0199483	.0008697
Intarifa L1.	-.0520264	.0500985	-1.04	0.299	-.1502177	.0461649
Inrenda L1.	.1355488	.0585082	2.32	0.021	.0208748	.2502227
Ineconomias L1.	.5129898	.1688102	3.04	0.002	.182128	.8438516
cons	6.313032	2.486088	2.54	0.011	1.440389	11.18568

Fonte: Dados extraídos do Stata.

Com o modelo básico com a modelagem VAR, foi realizado o Teste de Causalidade de Granger, TABELA 8, para identificar se os valores defasados das variáveis do modelo proposto na equação 3.3 estão adequadas. Com os resultados apresentados, a tarifa com um resultado de p -valor ($0.299 > 0.05$) e as chuvas com um p -valor ($0.072 > 0.05$), os valores defasados não causam o Inconsumo, assim, não se pode rejeitar a hipótese nula, da direção da causalidade.

TABELA 8 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Equação	Excluída	chi2	df	Prob > chi2
InconsumoW	Intemp	80.993	1	0.004
InconsumoW	Inchuvas	32.264	1	0.072
InconsumoW	Intarifa	10.784	1	0.299
InconsumoW	Inrenda	53.673	1	0.021
InconsumoW	Ineconomias	92.346	1	0.002
InconsumoW	ALL	45.424	5	0.000

Fonte: Elaboração do autor com base nos dados extraídos do Stata

Para finalizar a qualidade do modelo VAR efetuada, foram realizados os testes de LM e Jarque-Bera, para testar a autocorrelação dos resíduos e normalidade dos resíduos, respectivamente, conforme a TABELA 9. Os resultados apresentados, demonstram evidências que para o modelo estimado não há autocorrelação dos resíduos e que eles são normalmente distribuídos.

TABELA 9 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
InconsumoW	0.686	2	0.70957	1	84.8351	36	0.00001
Intemp	2.247	2	0.32514	2	50.0530	36	0.05987
Inchuvas	3.725	2	0.15530	H0 no autocorrelation at lag order			
Intarifa	329.185	2	0.00000				
Inrenda	1.059	2	0.58893				
Ineconomias	1.718	2	0.42352				
ALL	338.620	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata.

4.1.4 Estimação do modelo VEC

Com o modelo VAR estimado, foi efetuado o modelo vetorial de correção de erros (VEC), para analisar o vetor de cointegração de longo prazo. Inicialmente foi efetuado o teste de Johansen de cointegração para definir a classificação (rank no Stata®) para a estimação adequada do VEC. Para o estudo foi considerado como critério de definição o nível de significância de 5%, sendo que o resultado está demonstrado na TABELA 10 a seguir:

TABELA 10 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Johansen tests for cointegration						
Trend constant			Number of obs = 91			
Sample: 2010m6 - 2017m12			Lags		=	5
maximum			trace	5% critical	1% critical	
rank	parms	LL	eigenvalue	statistic	value	value
0	150	1144.9759		191.4848	94.15	103.18
1	161	1192.9618	0.65168	95.5131	68.52	76.07
2	170	1214.8603	0.38201	51.7161*1	47.21	54.46
3	177	1233.3369	0.33374	14.7628*5	29.68	35.65
4	182	1238.3078	0.10349	4.8210	15.41	20.04
5	185	1240.6013	0.04916	0.2341	3.76	6.65
6	186	1240.7183	0.00257			

Fonte: Dados extraídos do Stata.

Com a definição da classificação, foi estimado o modelo VEC, TABELA 11, e mantendo o critério da equação básica do modelo 3.3, é possível estimar que no longo prazo as variáveis de tarifa, renda e quantidade de economias possuem uma relação negativa com a demanda de água.

TABELA 11 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Johansen normalization restrictions imposed						
beta	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
InconsumoW	1	.	.	.	.	.
Intemp	6.94e-18	.	.	.	.	.
Inchuvas	5.20e-18	.	.	.	.	.
Intarifa	-.182027	.057335	-3.17	0.001	-.2944015	-.0696525
Inrenda	-.6514971	.0544391	-11.97	0.000	-.7581958	-.5447985
Ineconomias	.7056318	.1958518	3.60	0.000	.3217694	1.089494
cons	-16.52398	.	.	.	.	.

Fonte: Dados extraídos do Stata.

Seguindo os testes de qualidade dos resíduos, também foram realizados os testes LM e Jarque-Bera, conforme a TABELA 12, que assim como na estimação pelo VAR, não há autocorrelação dos resíduos e que eles são normalmente distribuídos.

TABELA 12 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

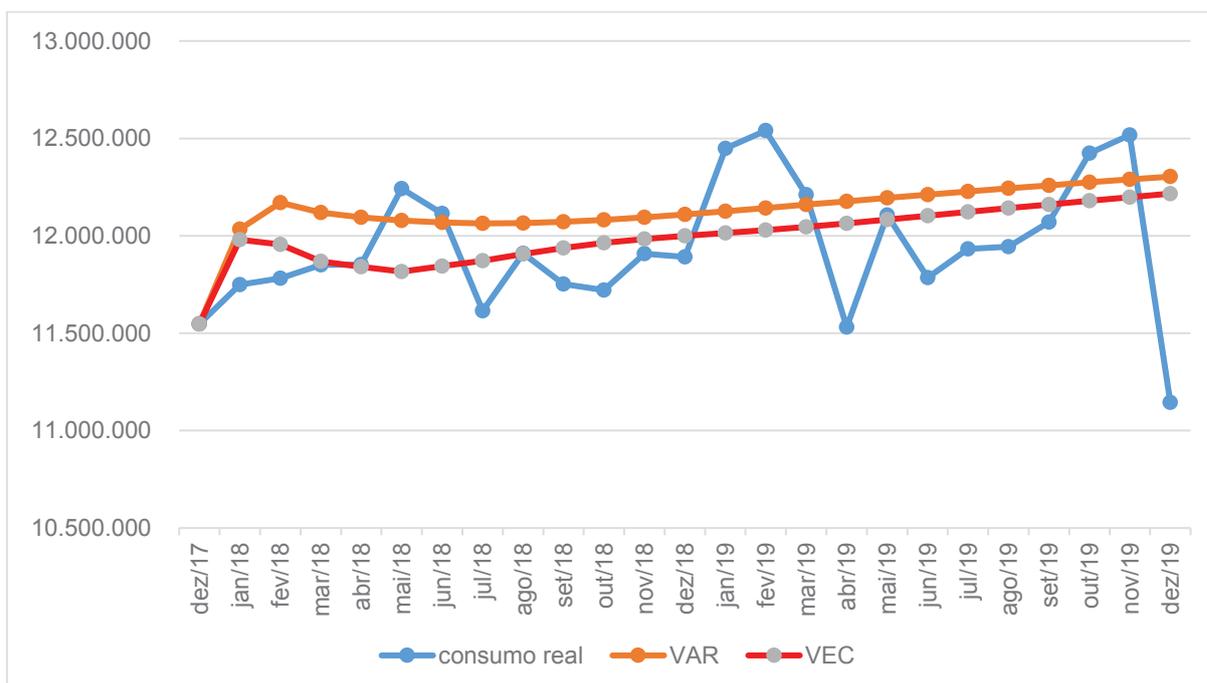
Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
D InconsumoW	0.112	2	0.94557	1	70.4482	36	0.00052
D Intemp	1.116	2	0.57248	2	48.0457	36	0.08642
D Inchuvas	6.297	2	0.04292	H0 no autocorrelation at lag order			
D Intarifa	227.380	2	0.00000				
D Inrenda	8.003	2	0.01829				
D Ineconomias	0.493	2	0.78172				
ALL	243.401	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata.

4.1.5 Análise dos resultados em relação ao consumo real

Com a estimação dos modelos VAR e VEC para os anos de 2010 a 2017, foram estimadas as previsões mensais para os anos de 2018 até 2019, para testar a qualidade dos modelos para a previsão de demanda residencial de água. Para a análise os resultados foram transformados para os valores normais, ou seja, sem o logaritmo natural. O GRÁFICO 1, apresenta o consumo real, a previsão pelo modelo VAR e pelo VEC, onde, pela análise gráfica, pode-se verificar que a previsão do VAR superestima as previsões em relação ao VEC.

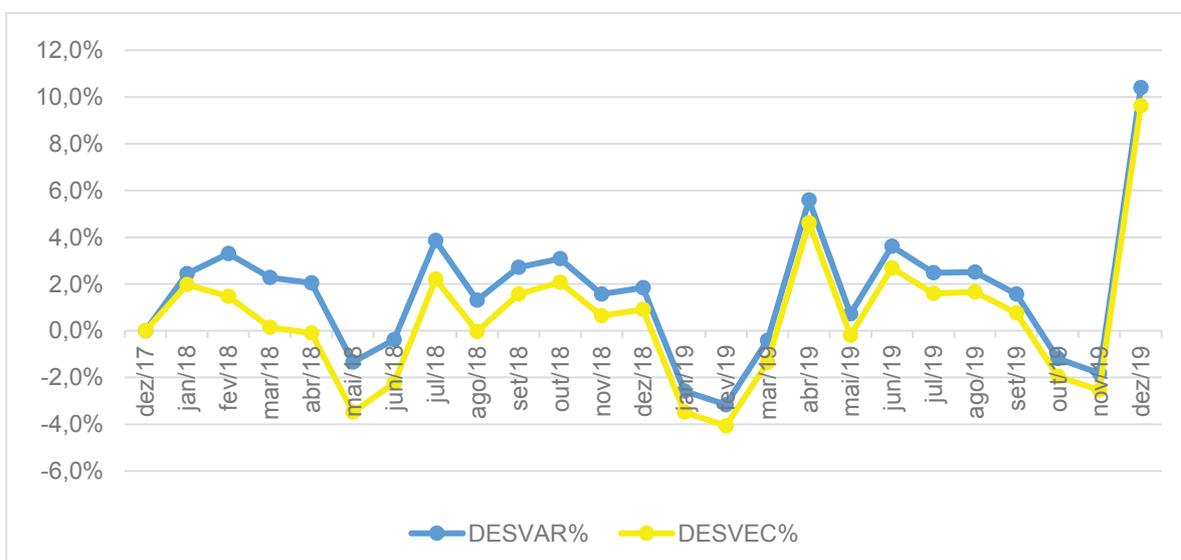
GRÁFICO 1 – PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019 – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

No acumulado dos anos de 2018 a 2019 o consumo real foi de 298.590.585 m³, sendo que com a previsão do VAR = 303.211.423 m³, ou seja, 1,5% acima do que o consumo real. Já com a previsão do VEC = 299.872.650 m³, o desvio em relação ao consumo real foi de 0,4%. Após a análise das previsões foi realizado a análise dos desvios das previsões em relação ao consumo real, conforme o GRÁFICO 2.

GRÁFICO 2 – DISTRIBUIÇÃO DOS ERROS DAS ESTIMATIVAS – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

O GRÁFICO 2 apresenta como o esperado pelos modelos aplicados de VAR e VEC uma variação maior dos resíduos do VAR e uma maior estabilidade dos erros para a modelagem do VEC, e para realizar o diagnóstico do modelo a partir dos erros com Erro Absoluto Médio (MAE) sendo alcançado os dados do MAE do VAR = 1,6% e o VEC = 0,5%.

Desta forma, quanto no erro absoluto para os dois anos de previsão quanto no MAE o VEC, teve um menor erro para a previsão do consumo na mesorregião metropolitana de Curitiba.

4.2 ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ

4.2.1 Análise Descritiva dos Dados

Para a elaboração do modelo para a Mesorregião de Metropolitana de Curitiba – Litoral do Paraná, seguindo a premissa dos municípios com mais de 20 mil habitantes, foram selecionados 3 municípios, conforme a TABELA 13.

TABELA 13 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018

Município	População Urbana	Economias Residenciais	Volume Medido de Água
Guaratuba	32.844	24.085	2.645.365
Matinhos	34.034	31.732	2.165.458
Pontal do Paraná	26.411	27.518	2.068.874

Fonte: Elaboração do autor

Com a análise descritiva da série de dados, TABELA 14, é possível identificar que a escolha de separar o litoral do Paraná dos demais municípios da mesorregião de Curitiba pode ser justificada pela temperatura média e as chuvas médias acima da média da demais cidades da Região Metropolitana de Curitiba, o que contribui para um modelo mais assertivo, já que a característica do litoral do Paraná, é de um maior fluxo de pessoas no verão contra um menor fluxo no inverno, o que impacta no consumo de água. Além disso, as características climáticas também são distintas.

TABELA 14 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ PARA O PERÍODO DE 2010 A 2018

Variáveis	Obs	Média	Desvio padrão	Min	Max
Demanda água	108	539957	203835	311093	1.196e+06
Temperatura	108	21.22	3.071	14.64	26.43
Precipitação	108	214.8	139.8	0.800	712.2
Renda média	108	1.655e+06	171611	1.350e+06	2.166e+06
Tarifa média	108	3.117	1.112	1.797	5.283
Economias	108	76970	3853	70381	83335

Fonte: Elaboração do autor

4.2.2 Verificação da estacionariedade das séries

Seguindo a metodologia aplicada, primeiramente foi realizado o teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF). Dado os resultados apresentados na TABELA 15, infere-se que as variáveis utilizadas para a Mesorregião de Metropolitana de Curitiba – Litoral do Paraná, podem ser consideradas em sua primeira diferença como estacionárias.

TABELA 15 – TESTE ADF – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA - LITORAL DO PARANÁ

Variável	Termos na equação	Número de Defasagens	Estatística de teste	MacKinnon approximate p-value for Z(t)	Valor Crítico * 1% ***10%
InconsumoW	Constante e Tendência	1	-6.032	0.0000	-4.053*
Intemp	Constante e Tendência	1	-6.159	0.0000	-4.053*
Inchuvas	Constante e Tendência	1	-6.035	0.0000	-4.053*
Inrenda	Constante e Tendência	1	-5.442	0.0000	-4.053*
Intarifa	Constante e Tendência	1	-3.396	0.0519	-3.154***
Ineconomias	Sem Constante	0	2.645	0.0000	-2.602 *

Fonte: Elaboração do autor.

4.2.3 Estimação do modelo VAR

Para a seleção das defasagens para estimar o modelo VAR, segue para a identificação dos critérios de Akaike (AIC), Hannam-Quinn (HBIC) e Schwarz (SBIC), conforme a TABELA 16 abaixo:

TABELA 16 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA - LITORAL DO PARANÁ

Selection-order criteria								
Sample: 2010m11 - 2017m12					Number of obs = 86			
lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	318.812				2.8e-11	-7.2747	-7.20579	-7.10347
1	701.511	765.4	36	0.000	8.8e-15	-15.3375	-	-
2	753.38	103.74	36	0.000	6.2e-15	-15.7065	14.8551*	14.1388*
3	803.521	100.28	36	0.000	4.6e-15	-16.0354	-14.8106	-13.4805
4	835.67	64.299	36	0.003	5.3e-15	-15.9458	-14.726	-12.7819
5	882.97	94.6	36	0.000	4.5e-15*	-16.2086	-14.223	-11.665
6	904.988	44.036	36	0.168	7.3e-15	-16.2086	-14.0723	-10.9004
7	952.461	94.946	36	0.000	7.0e-15	-15.8834	-13.3336	-9.54781
8	993.7	82.477	36	0.000	7.0e-15	-16.1503	-13.187	-8.78723
9	1033.18	78.96	36	0.000	8.7e-15	-16.2721	-12.8953	-7.88165
10	1090.77	115.18*	36	0.000	1.3e-14	-16.353	-12.5628	-6.93518
	1090.77	115.18*	36	0.000	1.6e-14	-16.8551*	-12.6514	-6.40983

Endogenous InconsumoW Intemp Inchuvas Intarifa Inrenda Ineconomias
Exogenous cons

Fonte: Dados extraídos do Stata

Com base nos critérios de HBIC e SBIC, também foi considerado para a estimação do modelo VAR uma defasagem, como demonstrado na TABELA 17.

TABELA 17 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ

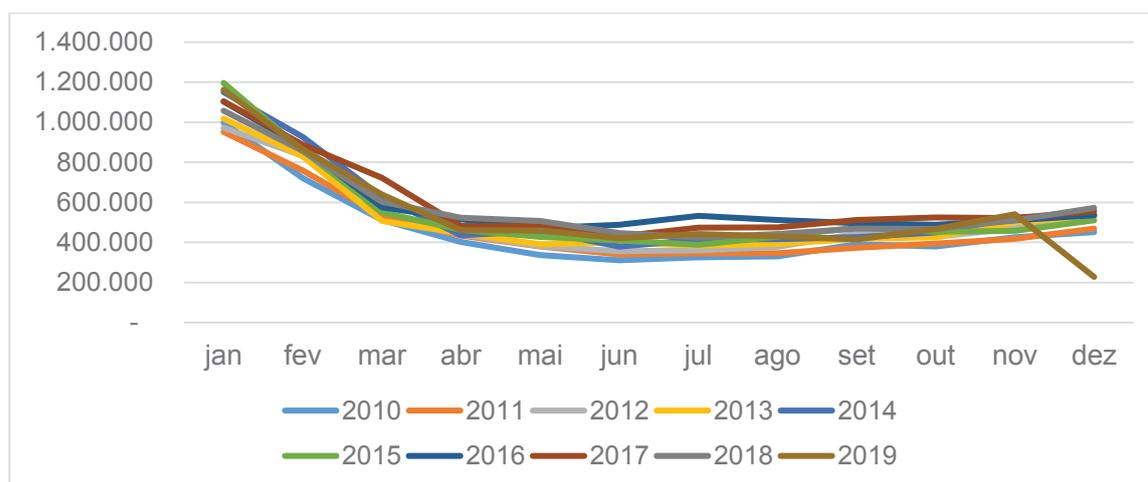
Sample 2010m2 - 2017m12			No of Obs = 95		
Log likelihood	=	791.4631	AIC	=	-15.77817
FPE	=	5.67e-15	HQIC	=	-15.32194
Det(Sigma ml)	=	2.34e-15	SBIC	=	-14.64909
Equation	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
InconsumoW	7	.031753	0.6669	1.901.619	0.0000
Intemp	7	.105946	0.6271	1.597.405	0.0000
Inchuvas	7	.59792	0.1999	2.373.528	0.0006
Intarifa	7	.029471	0.9868	7.123.262	0.0000
Inrenda	7	.053543	0.7342	262.445	0.0000
Ineconomias	7	.000988	0.9998	576563	0.0000

	Coef.	Std.Err.	Z	P>|z|	95% Conf.	Interval
<i>InconsumoW</i>						
InconsumoW L1.	.4716605	.1397379	3.38	0.001	.1977792	.7455417
Intemp L1.	-.4379195	.2657382	-1.65	0.099	-.9587568	.0829179
Inchuvas L1.	-.1943052	.4470313	-0.43	0.664	-1.070471	.68186
Intarifa L1.	-.0169426	.025746	-0.66	0.510	-.0674038	.0335186
Inrenda L1.	.6357489	.2560239	2.48	0.013	.1339513	1.137546
Ineconomias L1.	3.939674	1.568232	2.51	0.012	.865997	7.013352
cons	-35.98106	18.57009	-1.94	0.053	-72.37777	.415649

Fonte: Dados extraídos do Stata

Os resultados estimados pelo modelo VAR, foram constatados dados interessantes. Primeiro a tendência negativa da constante, o que pode ser impactado pela série, dado que existe uma sazonalidade mais acentuada no litoral do Paraná, dado que o consumo no verão é consideravelmente maior no verão do que nas demais estações do ano, conforme a GRÁFICO 3 abaixo:

GRÁFICO 3 – CONSUMO RESIDENCIAL DE ÁGUA – LITORAL DO PARANÁ



Fonte: Elaborado pelo autor com os dados extraídos da Sanepar

Em segundo lugar, em relação aos resultados da estimação do VAR para o Litoral do Paraná, a variável de temperatura, também pode ser considerada como de significância estatística sobre o consumo de água, com efeito positivo, de acordo com o esperado, ou seja, quanto maior a temperatura se espera que ocorra um maior consumo de água nas residências.

Para o teste de causalidade de Granger, TABELA 18, os resultados obtidos demonstram que a renda e as economias podem ser consideradas que causam o consumo de água, e que para as demais variáveis, com valores acima do valor crítico, não se pode rejeitar a hipótese nula, na direção da causalidade.

TABELA 18 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ

Equação	Excluída	chi2	df	Prob > chi2
InconsumoW	Intemp	2.7157	1	0.099
InconsumoW	Inchuvas	0.18893	1	0.664
InconsumoW	Intarifa	0.43305	1	0.510
InconsumoW	Inrenda	6.1661	1	0.013
InconsumoW	Ineconomias	6.311	1	0.012
InconsumoW	ALL	15.95	5	0.007

Fonte: Elaboração do autor.

Dando continuidade a métrica do VAR, o teste dos resíduos foi efetuado, com os resultados gerados demonstram o ajuste do modelo para a não autocorrelação dos resíduos e sua normalidade em sua distribuição, conforme a TABELA 19:

TABELA 19 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ

Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
InconsumoW	83.766	2	0.00000	1	79.1158	36	0.00005
Intemp	13.852	2	0.00098	2	78.1954	36	0.00006
Inchuvas	390.724	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
Intarifa	1095.893	2	0.00000				
Inrenda	0.448	2	0.79919				
Ineconomias	9411.268	2	0.00000				
ALL	1.1e+04	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata

4.2.4 Estimação do modelo VEC

Com o modelo VAR estimado, dado a sequência da metodologia apresentada, é feito a estimação da cointegração de Johansen, TABELA 20, para a definição da classificação (rank) para calcular o modelo VEC, com o resultado do teste, foi selecionado o para a estimação do VEC o rank 2.

TABELA 20 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ

Johansen tests for cointegration						
Trend constant				Number of obs = 91		
Sample: 2010m6 - 2017m12				Lags	=	5
maximum				trace	5% critical	1% critical
rank	parms	LL	eigenvalue	statistic	value	value
0	150	853.70884		166.9712	94.15	103.18
1	161	897.19417	0.61547	80.0006	68.52	76.07
2	170	914.603	0.31792	45.1829*1*5	47.21	54.46
3	177	929.987	0.28688	14.4149	29.68	35.65
4	182	935.03689	0.10505	4.3151	15.41	20.04
5	185	937.04872	0.04325	0.2915	3.76	6.65
6	186	937.19446	0.00320			

Fonte: Dados extraídos do Stata

Com a estimação do modelo VEC, dado a equação demonstrada na TABELA 21 a seguir, e mantendo o critério da equação básica do modelo 3.3, é possível estimar que no longo prazo as variáveis de renda e quantidade de economias possuem uma relação negativa com a demanda de água, esses dados podem sugerir uma

tendência de menor consumo nas residências do Litoral, o que pode ser motivado pelo uso mais racional da água, uso de poços artesianos que não entram nas estatísticas, o uso de eletrodomésticos mais eficientes, entre outras possíveis causas.

TABELA 21 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ

Johansen normalization restrictions imposed						
beta	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
InconsumoW	1	.	.	.	.	.
Intemp	0	(omitted)				
Inchuvas	-.0090777	.0279372	-0.32	0.745	-.0638336	.0456781
Intarifa	.2698206	.2505711	1.08	0.282	-.2212898	.760931
Inrenda	-1.146623	.3369348	-3.40	0.001	-1.807003	-.4862428
Ineconomias	-1.916044	1.481639	-1.29	0.196	-4.820003	.9879156
cons	24.59079	.	.	.	.	.

Fonte: Dados extraídos do Stata

Para os testes de qualidade dos resíduos, testes LM e Jarque-Bera, os resultados também demonstraram que não há autocorrelação dos resíduos e que eles são normalmente distribuídos, sendo que os resultados são apresentados na TABELA 22.

TABELA 22 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ

Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
D InconsumoW	101.317	2	0.00000	1	82.1112	36	0.00002
D Intemp	1.276	2	0.52837	2	47.0218	36	0.10333
D Inchuvas	120.610	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
D Intarifa	997.295	2	0.00000				
D Inrenda	1.274	2	0.52883				
D Ineconomias	1.1e+04	2	0.00000				
ALL	1.2e+04	12	0.00000				

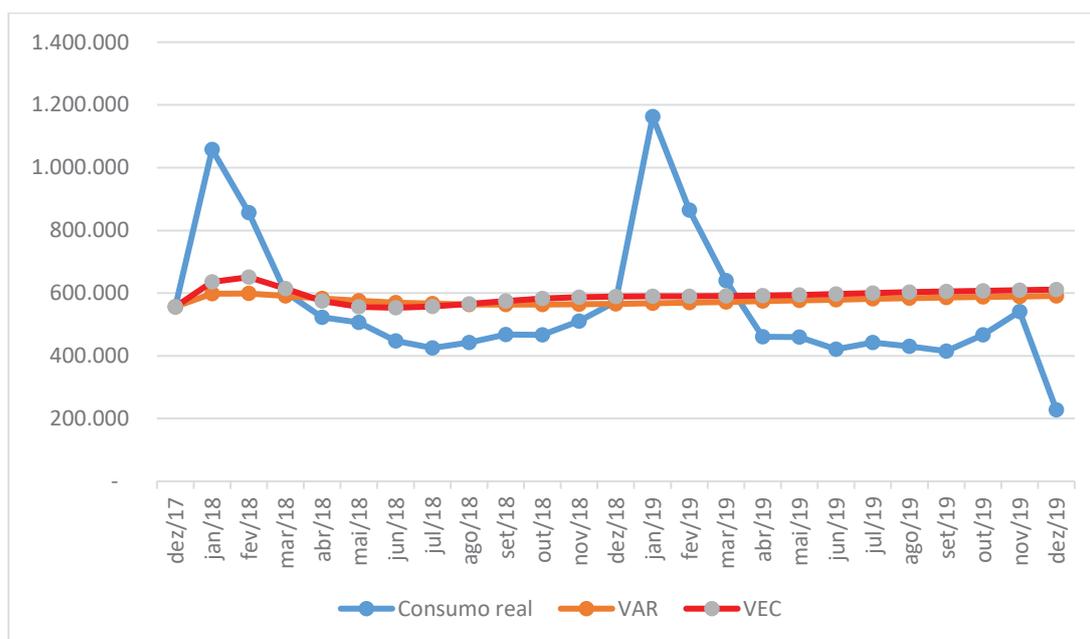
Fonte: Dados extraídos do Stata

4.2.5 Análise dos resultados em relação ao consumo real

Com os modelos VAR e VEC definidos, as projeções para 2018 e 2019 foram realizadas, e também com o já demonstrado das características para o litoral do Paraná, com a sazonalidade bem maior entre os meses de janeiro e fevereiro. O GRÁFICO 4, apresenta o consumo real, a previsão pelo modelo VAR e pelo VEC. Pela análise do GRÁFICO 4, pode-se verificar que a previsão do VAR e do VEC,

apresentam valores muito próximos. No acumulado dos anos de 2018 a 2019 o consumo real foi de 13.968.931 m³, sendo que com a previsão do VAR = 14.416.751 m³, ou seja, 3,2% acima do que o consumo real. Já com a previsão do VEC = 14.789.415 m³ o desvio foi de 2,3%, demonstrando o melhor ajuste do VEC em relação ao VAR.

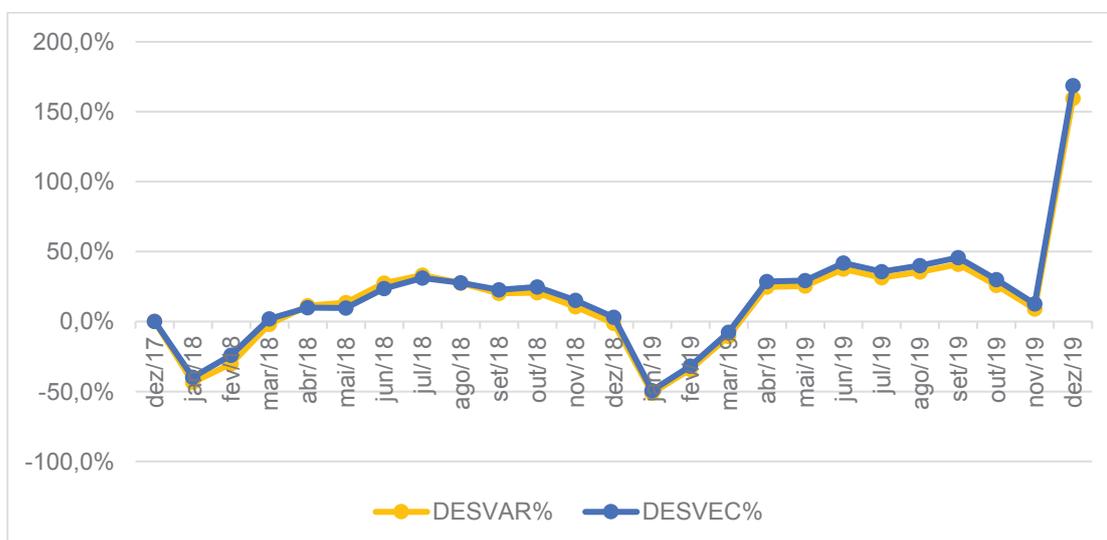
GRÁFICO 4 – ANÁLISE DA PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

Após a análise das previsões, foi realizado a análise dos desvios projetados em relação ao consumo real, o GRÁFICO 5, com o diagnóstico do modelo a partir dos erros com Erro absoluto médio (MAE).

GRÁFICO 5 – ANÁLISE DOS DESVIOS DOS MODELOS



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

Com a MAE do VAR = 15,3% e o VEC = 18%, e chegando à análise que tanto no erro absoluto para os dois anos de previsão quanto no MAE o VAR teve um menor erro em relação ao VEC. Entretanto cabe ressaltar que os resultados alcançados foram discrepantes, o que demonstra a não aderência da metodologia a sazonalidade de consumo no litoral do Paraná.

4.3 ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE

4.3.1 Análise Descritiva dos Dados

Para a Mesorregião Centro Ocidental Paranaense, os únicos municípios com mais de 20 mil habitantes em 2018 são Campo Mourão e Goioerê, conforme a TABELA 23.

TABELA 23 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018

Município	População Urbana	Economias Residenciais	Volume Medido de Água
Campo Mourão	89.330	36.508	4.353.044
Goioerê	25.193	10.312	1.271.393

Fonte: Elaboração do autor

Para a análise descritiva da série dos dados TABELA 24, salienta a questão da temperatura média acima dos 20 graus, acima por exemplo, da região metropolitana de Curitiba, onde a média é de 17 graus.

TABELA 24 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE PARA O PERÍODO DE 2010 A 2018

Variáveis	Obs	Média	Desvio padrão	Min	Max
Demanda água	108	446377	34126	358308	545186
Temperatura	108	21.43	2.919	15.55	26.27
Precipitação	108	137.0	92.21	0.200	445.2
Renda média	108	1.655e+06	171611	1.350e+06	2.166e+06
Tarifa média	108	2.990	0.909	1.801	4.706
Economias	108	41657	3303	35984	46820

Fonte: Elaboração do autor

4.3.2 Verificação da estacionariedade das séries

Aplicando o teste ADF para analisar a estacionariedade da série para a mesorregião do centro ocidental paranaense, os resultados alcançados demonstram o atendimento dos requisitos desta etapa com a primeira defasagem, conforme TABELA 25 a seguir.

TABELA 25 – TESTE ADF – MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE

Variável	Termos na equação	Número de Defasagens	Estatística de teste	MacKinnon approximate p-value for Z(t)	Valor Crítico
					* 1% **5%
InconsumoW	Constante e Tendência	1	-4.737	0.0006	-4.053*
Intemp	Constante e Tendência	1	-5.732	0.0000	-4.053*
Inchuvas	Constante e Tendência	1	-6.974	0.0000	-4.053*
Inrenda	Constante e Tendência	1	-5.442	0.0000	-4.053*
Intarifa	Constante e Tendência	1	-3.690	0.0231	-3.456 **
Ineconomias	Sem Constante	0	8.918	0.0000	-2.602 *

Fonte: Elaboração do autor

4.3.3 Estimação do modelo VAR

Com a condição de estacionariedade realizada, o teste para a definição das defasagens para o modelo VAR, foi efetuado. Considerando os valores críticos dos critérios HQIC e SBIC, foi escolhido o critério de uma defasagem para estimação do modelo VAR, conforme TABELA 26.

TABELA 26 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE

Selection-order criteria								
Sample: 2010m11 - 2017m12					Number of obs = 86			
lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	438.108				1.7e-12	-10.049	-9.9801	-9.87778
1	846.754	817.29	36	0.000	3.0e-16	-18.7152	-18.2328*	-17.5166*
2	885.218	76.927	36	0.000	2.9e-16	-18.7725	-17.8766	-16.5465
3	944.644	118.85	36	0.000	1.7e-16	-19.3173	-18.008	-16.0639
4	989.693	90.098	36	0.000	1.5e-16	-19.5277	-17.8049	-15.2469
5	1020.74	62.087	36	0.004	1.8e-16	-19.4125	-17.2762	-14.1042
6	1070.44	99.41	36	0.000	1.6e-16	-19.7312	-17.1814	-13.3956
7	1130.3	119.72	36	0.000	1.1e-16	-20.2861	-17.3228	-12.923
8	1161.17	61.746	36	0.005	1.8e-16	-20.1668	-16.7901	-11.7764
9	1240.24	158.14	36	0.000	1.1e-16*	-21.1684	-17.3782	-11.7506
10	1285.57	90.647*	36	0.000	1.7e-16	-21.3853*	-17.1815	-10.94
Endogenous	InconsumoW	Intemp	Inchuvas	Intarifa	Inrenda	Ineconomias		
Exogenous	cons							

Fonte: Dados extraídos do Stata

Com a definição das defasagens foi estimado o modelo VAR, dado o apresentado na TABELA 27, sendo que os resultados encontrados também vão ao encontro das hipóteses esperadas, quanto aos sinais positivos e negativos das variáveis.

TABELA 27 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE

Sample 2010m2 - 2017m12			Number of obs = 95		
Log likelihood	=	946.3877	AIC	=	-19.03974
FPE	=	2.17e-16	HQIC	=	-18.58351
Det(Sigma ml)	=	8.96e-17	SBIC	=	-17.91066

Equation	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
InconsumoW	7	.050096	0.6253	158.5402	0.0000
Intemp	7	.087941	0.6306	162.1792	0.0000
Inchuvas	7	1.07353	0.1870	21.84931	0.0013
Intarifa	7	.030176	0.9867	7030.911	0.0000
Inrenda	7	.055294	0.7166	240.1627	0.0000
Ineconomias	7	.002818	0.9986	69081.34	0.0000

	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
<i>InconsumoW</i>						
InconsumoW						
L1.	.1825717	.1296114	1.41	0.159	-.0714619	.4366053
Intemp						
L1.	.241449	.0588694	4.10	0.000	.126067	.3568309
Inchuvas						
L1.	-.0121538	.0044711	-2.72	0.007	-.0209169	-.0033907
Intarifa						
L1.	-.3025379	.1100276	-2.75	0.006	-.5181881	-.0868877
Inrenda						
L1.	-.0002094	.0849602	-0.00	0.998	-.1667283	.1663095
Ineconomias						
L1.	1.542924	.3594375	4.29	0.000	.8384397	2.247409
cons	-6.142191	4.055413	-1.51	0.130	-14.09065	1.806272

Fonte: Dados extraídos do Stata

Os ajustes dos coeficientes foram significativos considerando o p-valor, sendo para a temperatura com sinal positivo de acordo com o previsto, ou seja, que uma maior temperatura tende a aumentar o consumo de água.

Também é importante destacar a significância estatística da contribuição negativa da chuva, assim pode-se considerar que o aumento da chuva tenta a diminuir o consumo de médio de água. Outro fator de destaque para a mesorregião do centro ocidental paranaense é o consumo constante negativo, podendo mostrar uma queda no consumo no médio prazo, podendo ser um fator de um melhor detalhamento em um estudo posterior.

Seguindo a metodologia, foi realizado o teste de causalidade de Granger, os resultados apresentados pelo teste, corroboram para os resultados do modelo VAR, dado que com os valores maiores do o valor crítico de 0,05, exceto para renda, pode-se considerar que as variáveis apresentadas conforme a TABELA 28, em seus valores defasados tendem a causar o consumo de água.

TABELA 28 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE

Equação	Excluída	chi2	df	Prob > chi2
InconsumoW	Intemp	16.822	1	0.000
InconsumoW	Inchuvas	7.5606	1	0.007
InconsumoW	Intarifa	7.5605	1	0.006
InconsumoW	Inrenda	6.1e-06	1	0.998
InconsumoW	Ineconomias	18.426	1	0.000
InconsumoW	ALL	48.311	5	0.000

Fonte: Elaboração do autor

Seguindo os testes para os resíduos do modelo VAR, testes de LM e Jarque-Bera na TABELA 29, os resultados demonstram que para o modelo estimado pelo VAR não há autocorrelação dos resíduos e que eles são normalmente distribuídos, com as evidências encontradas.

TABELA 29 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE

Equation	Jarque-Bera test			Lagrange-multiplier test			
	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
InconsumoW	1.804	2	0.40578	1	70.0803	36	0.00057
Intemp	0.506	2	0.77640	2	57.6019	36	0.01258
Inchuvas	278.091	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
Intarifa	263.187	2	0.00000				
Inrenda	1.956	2	0.37608				
Ineconomias	4357.090	2	0.00000				
ALL	4902.634	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata

4.3.4 Estimação do modelo VEC

Seguindo a aplicação do modelo VEC, para analisar a cointegração de longo prazo dos dados para a Mesorregião Centro Ocidental Paranaense, o teste de Johansen conforme a TABELA 30.

TABELA 30 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE

Johansen tests for cointegration						
Trend constant				Number of obs = 91		
Sample: 2010m6 - 2017m12				Lags	=	5
maximum				trace	5% critical	1% critical
rank	parms	LL	eigenvalue	statistic	value	value
0	150	992.83809		172.4550	94.15	103.18
1	161	1029.2869	0.55115	99.5573	68.52	76.07
2	170	1052.2617	0.39646	53.6078*1	47.21	54.46
3	177	1065.4845	0.25219	27.1621*5	29.68	35.65
4	182	1077.2509	0.22787	3.6293	15.41	20.04
5	185	1078.8365	0.03425	0.4582	3.76	6.65
6	186	1079.0656	0.00502			

Fonte: Dados extraídos do Stata

Mantendo o critério de seleção da classificação com 5%, foi escolhido o valor de rank 3 para a estimação do modelo VEC. A TABELA 31, demonstra que apenas a renda com efeito negativo tem uma significância estatística de longo prazo para o consumo de água.

TABELA 31 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE

Johansen normalization restrictions imposed						
beta	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
InconsumoW	1	.	.	.	.	.
Intemp	0	(omitted)	.	.	.	.
Inchuvas	-3.47e-18	.	.	.	.	.
Intarifa	-.0169651	.1533289	-0.11	0.912	-.3174841	.2835539
Inrenda	-.3174492	.1002518	-3.17	0.002	-.5139391	-.1209592
Ineconomias	-.220567	.5199642	-0.42	0.671	-1.239678	.7985441
cons	-6.093322	.	.	.	.	.

Fonte: Dados extraídos do Stata

E seguindo os testes de qualidade dos resíduos, a TABELA 32, demonstra os resultados para os testes LM e Jarque-Bera, no qual também não foi identificado autocorrelação dos resíduos e que os resíduos como esperado possuem uma distribuição normal.

TABELA 32 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE

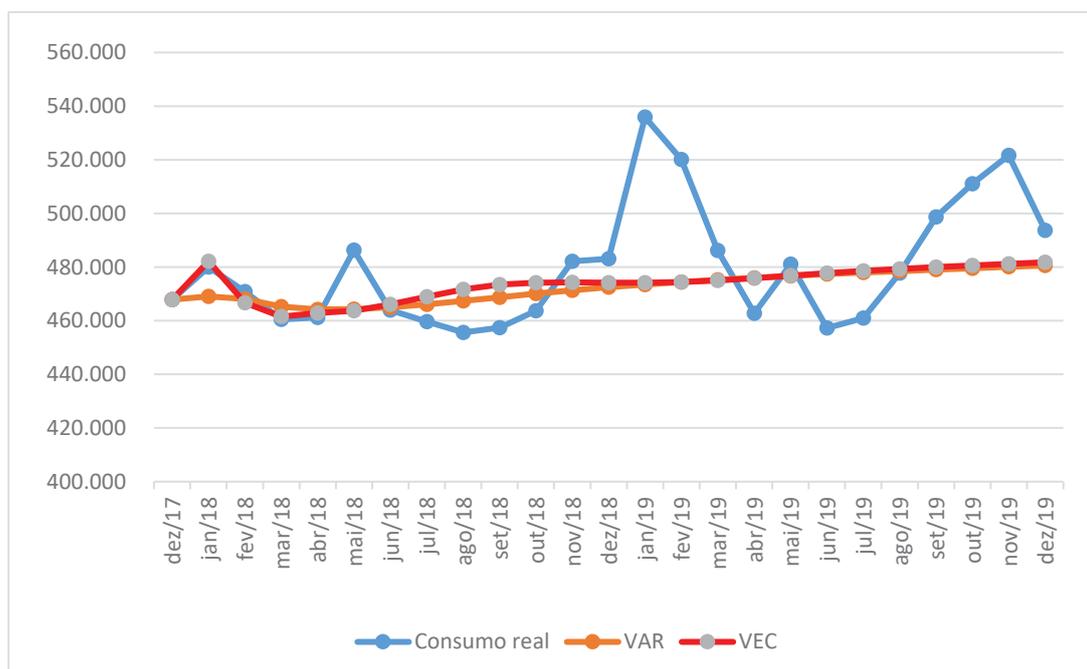
Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
D InconsumoW	0.129	2	0.93770	1	109.0018	36	0.00000
D Intemp	1.499	2	0.47249	2	74.0819	36	0.00019
D Inchuvas	101.590	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
D Intarifa	254.974	2	0.00000				
D Inrenda	6.507	2	0.03863				
D Ineconomias	2962.854	2	0.00000				
ALL	3327.554	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata

4.3.5 Análise dos resultados em relação ao consumo real

Estimados os modelos do VAR e VEC conforme a metodologia, foram realizadas as previsões mensais para os anos de teste 2018 e 2019, conforme o GRÁFICO 6, e demonstradas juntamente com o consumo real do período. Considerando os dados apresentados, analisa-se que os dois modelos econométricos propostos não conseguiram estimar um ajuste adequado para o verão 2018/2019, que pode ter sido um consumo fora do padrão para a mesorregião.

GRÁFICO 6 – ANÁLISE DA PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019

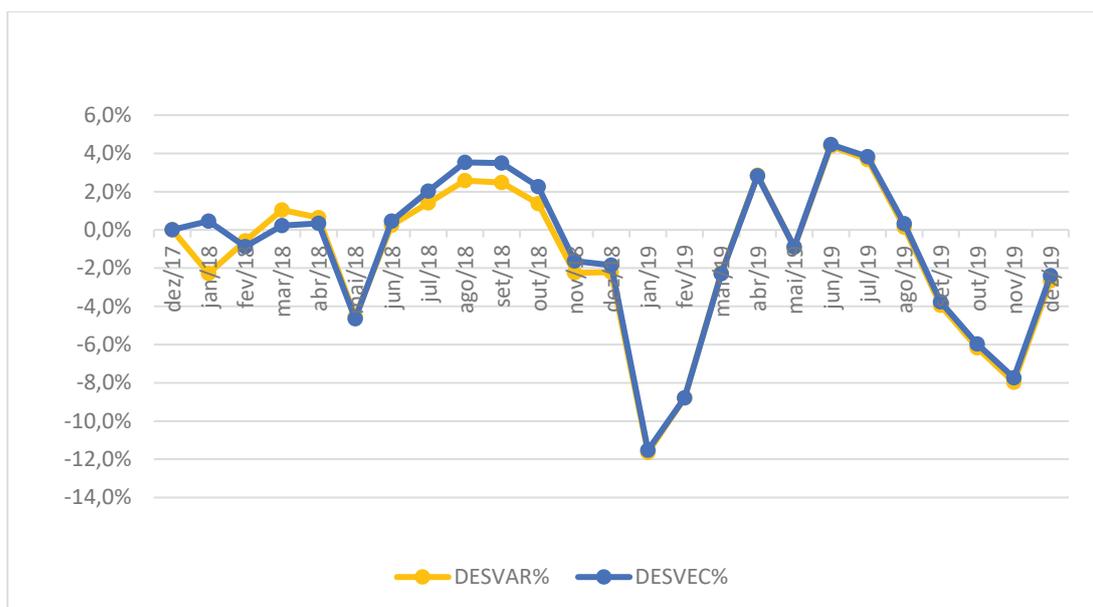


Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

Considerando a análise para verificar a aderência do modelo ao real, o consumo real para o período analisado foi de 11.999.407 m³, o modelo VAR chegou num valor estimado de 11.808.667m³, ou seja, um desvio de -1,6% em relação ao real, já o modelo VEC o valor estimado para o período foi de 11.842.798 m³, assim um desvio de -1,3% em relação ao consumo real.

O GRÁFICO 7 apresenta a análise dos desvios dos modelos VAR e VEC. Com os resultados alcançados, é possível analisar que a partir do segundo ano das previsões dos dois modelos os desvios demonstram um padrão muito próximo de desvio em relação ao consumo real, não podendo assim definir qual o melhor ajuste no médio prazo.

GRÁFICO 7 – ANÁLISE DOS DESVIOS DOS MODELOS



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

E seguindo para realizar o diagnóstico do modelo a partir do MAE do VAR = -1,4% e o VEC = -1,1%, mesmo assim dados os resultados a partir do 13 mês, não se pode identificar que o modelo VEC tem uma melhor aderência de médio prazo em relação ao VAR.

4.4 ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE

4.4.1 Análise Descritiva dos Dados

A Mesorregião Centro Oriental Paranaense possuía em 2018 cinco municípios com mais de 20 mil habitantes, TABELA 33, com destaque para a cidade de Ponta Grossa representando mais de 65% da população e do volume medido de água residencial para a amostra coletada.

TABELA 33 – MUNICÍPIOS DAMESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018

Município	População Urbana	Economias Residenciais	Volume Medido de Água
Arapoti	23.522	8.095	860.004
Castro	52.253	19.322	2.093.810
Palmeira	20.361	7.913	826.490
Ponta Grossa	340.361	128.376	13.701.309
Telêmaco Borba	76.534	25.246	3.009.679

Fonte: Elaboração do autor

Com a análise descritiva apresentada na TABELA 34, é possível comparar com a região metropolitana de Curitiba, dado a proximidade das cidades, sendo a temperatura média é muito próxima para o período, 18,32 para a mesorregião do centro oriental e 17 para a metropolitana de Curitiba.

TABELA 34 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE PARA O PERÍODO DE 2010 A 2018

Variáveis	Obs	Média	Desvio padrão	Min	Max
Demanda água	108	1.616e+06	108698	1.334e+06	1.895e+06
Temperatura	108	18.32	2.874	12.27	22.73
Precipitação	108	133.3	76.06	1.397	340.6
Renda média	108	1.655e+06	171611	1.350e+06	2.166e+06
Tarifa média	108	2.924	0.935	1.734	4.725
Economias	108	168080	14024	143800	188952

Fonte: Elaboração do autor

4.4.2 Verificação da estacionariedade das séries

Com a aplicação do Teste ADF aumentado, conforme a TABELA 35, se verifica a estacionariedade da series dos dados considerando a primeira diferença. Como as demais series apresentadas até o momento, a variável Intarifa, mantém o padrão de ser estacionária com uma significância de 5%.

TABELA 35 – TESTE ADF – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE

Variável	Termos na equação	Número de Defasagens	Estatística de teste	MacKinnon approximate p-value for Z(t)	Valor Crítico * 1% **5%
InconsumoW	Constante e Tendência	1	-4.725	0.0006	-4.053*
Intemp	Constante e Tendência	1	-5.930	0.0000	-4.053*
Inchuvas	Constante e Tendência	1	-6.485	0.0000	-4.053*
Inrenda	Constante e Tendência	1	-5.442	0.0000	-4.053*
Intarifa	Constante e Tendência	1	-3.625	0.0278	-3.456 **
Ineconomias	Sem Constante	0	15.055	0.0000	-2.602 *

Fonte: Elaboração do autor

4.4.3 Estimação do modelo VAR

Para a estimação do modelo VAR, foi aplicado o teste para a definição das defasagens, conforme a TABELA 36 a seguir.

TABELA 36 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE

Selection-order criteria								
Sample: 2010m11 - 2017m12					Number of obs = 86			
lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	465.812				9.1e-13	-10.6933	-	-10.5221
1	945.532	959.44	36	0.000	3.0e-17	-21.0124	-20.53*	-
2	986.756	82.449	36	0.000	2.7e-17	-21.1339	-20.238	19.8137*
3	1031.28	89.048	36	0.000	2.3e-17	-21.3321	-	-18.9078
4	1071.19	79.824	36	0.000	2.2e-17	-21.3321	20.0227	-18.0787
5	1105.45	68.517	36	0.001	2.2e-17	-21.4231	-	-17.1422
6	1142.76	74.622	36	0.000	2.6e-17	-21.3826	19.7002	-16.0743
7	1210.69	135.86	36	0.000	2.6e-17	-21.3826	19.2463	-15.0774
8	1249.57	77.757	36	0.000	2.9e-17	-21.4131	-	-14.7926
9	1293.45	87.751	36	0.000	1.7e-17*	-22.1557	18.8633	-13.8322
10	1375.86	164.83*	36	0.000	2.3e-17	-22.2226	18.8458	-12.9879
					3.1e-17	-22.4058	18.6155	-13.04
					2.1e-17	-23.4852*	19.2815	

Endogenous InconsumoW Intemp Inchuvas Intarifa Inrenda Ineconomias
Exogenous cons

Fonte: Dados extraídos do Stata

Com os resultados da seleção dos critérios de defasagens, para a Mesorregião Centro Oriental Paranaense, foi considerada para a estimação do VAR uma defasagem pelos critérios de HQIC e SBIC. Com o resultado da estimação do modelo para uma defasagem, TABELA 37.

Com os resultados do modelo VAR para a Mesorregião Centro Oriental, verifica-se que a temperatura tem uma relevância significativa em relação ao consumo de água residencial, e com a sinal positivo esperado como a hipótese base do estudo. As demais variáveis encontradas, apesar de possuírem o sinal esperado de contribuição, não são estatisticamente significantes a 5%, como o critério adotado, porém não se pode concluir que não tenham relevância para o consumo de água residencial da região mencionada, demandando assim, estudo posterior.

TABELA 37 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE

Sample 2010m2 - 2017m12			Number of obs = 95		
Log likelihood	=	1045.443	AIC	=	-21.12511
FPE	=	2.70e-17	HQIC	=	-20.66888
Det(Sigma ml)	=	1.11e-17	SBIC	=	-19.99603

Equation	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
InconsumoW	7	.042288	0.6396	168.5966	0.0000
Intemp	7	.098234	0.6661	189.5052	0.0000
Inchuvas	7	.726279	0.1881	22.00354	0.0012
Intarifa	7	.030422	0.9873	7373.178	0.0000
Inrenda	7	.053601	0.7337	261.6737	0.0000
Ineconomias	7	.001724	0.9995	205478.2	0.0000

	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
<i>InconsumoW</i>						
InconsumoW						
L1.	.0527545	.1435398	0.37	0.713	-.2285783	.3340873
Intemp						
L1.	.2004495	.0437611	4.58	0.000	.1146792	.2862198
Inchuvas						
L1.	-.0103787	.0057929	-1.79	0.073	-.0217325	.0009751
Intarifa						
L1.	-.1231832	.0777044	-1.59	0.113	-.2754811	.0291147
Inrenda						
L1.	.0197459	.0738132	0.27	0.789	-.1249252	.1644171
Ineconomias						
L1.	.8717433	.2501738	3.48	0.000	.3814116	1.362075
cons	2.363841	3.431264	0.69	0.491	-4.361312	9.088994

Fonte: Dados extraídos do Stata

O teste de causalidade de Granger para amostra analisada, TABELA 38, colabora com a estimação do modelo VAR, sendo que se pode identificar pelo teste que a temperatura tem uma importante relação de causalidade para o consumo.

TABELA 38 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE

Equação	Excluída	chi2	df	Prob > chi2
InconsumoW	Intemp	20.981	1	0.000
InconsumoW	Inchuvas	3.21	1	0.073
InconsumoW	Intarifa	2.5131	1	0.113
InconsumoW	Inrenda	0.07156	1	0.789
InconsumoW	Ineconomias	12.142	1	0.000
InconsumoW	ALL	44.531	5	0.000

Fonte: Elaboração do autor

Em relação a análise dos resíduos com os testes LM e Jarque-Bera, os resultados evidenciam a distribuição normal dos resíduos bem como a não autocorrelação, conforme a TABELA 39.

TABELA 39 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE

Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
InconsumoW	0.343	2	0.84238	1	68.9620	36	0.00077
Intemp	3.928	2	0.14027	2	47.8710	36	0.08914
Inchuvas	146.858	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
Intarifa	197.499	2	0.00000				
Inrenda	0.231	2	0.89086				
Ineconomias	91.732	2	0.00000				
ALL	440.592	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata

4.4.4 Estimação do modelo VEC

Aplicando a modelagem do VEC para a amostra, teste de Johansen de cointegração evidenciado na TABELA 40, chega-se à análise da escolha do rank 2 para a estimação do VEC.

TABELA 40 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE

Johansen tests for cointegration						
Trend constant Sample: 2010m6 - 2017m12				Number of obs = 91		
maximum				Lags	=	5
rank	parms	LL	eigenvalue	trace	5% critical	1% critical
				statistic	value	value
0	150	1080.3901		159.6326	94.15	103.18
1	161	1122.2206	0.60122	75.9715*1	68.52	76.07
2	170	1139.6825	0.31872	41.0476*5	47.21	54.46
3	177	1148.9534	0.18434	22.5058	29.68	35.65
4	182	1156.0883	0.14513	8.2361	15.41	20.04
5	185	1158.8521	0.05894	2.7084	3.76	6.65
6	186	1160.2064	0.02932			

Fonte: Dados extraídos do Stata

Com o resultado do modelo VEC, TABELA 41, aplicado para o rank 2, é possível verificar as contribuições de longo prazo das variáveis Inchuvas, Intarifas, Inrendas e In economias, com significância estatística, entretanto a contribuição positiva da chuva não atende a hipótese inicial em relação ao sinal positivo encontrado na TABELA 41, já que pela teoria não existe uma explicação, essa análise também pode ser verificada para a tarifa.

TABELA 41 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE

Johansen normalization restrictions imposed						
beta	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
InconsumoW	1	.	.	.	.	.
Intemp	0	(omitted)				
Inchuvas	1.091477	.1866109	5.85	0.000	.7257266	1.457228
Intarifa	5.237857	1.790368	2.93	0.003	1.728801	8.746914
Inrenda	7.079386	1.421625	4.98	0.000	4.293051	9.86572
Ineconomias	-24.18453	5.992951	-4.04	0.000	-35.9305	-12.43856
cons	164.9731	.	.	.	.	.

Fonte: Dados extraídos do Stata

Para a aplicação dos testes dos resíduos LM e Jarque-Bera, a serie dos dados estimados assim como no VAR, atendem as premissas dos resíduos com distribuição normal e ausência de autocorrelação, conforme a TABELA 42.

TABELA 42 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE

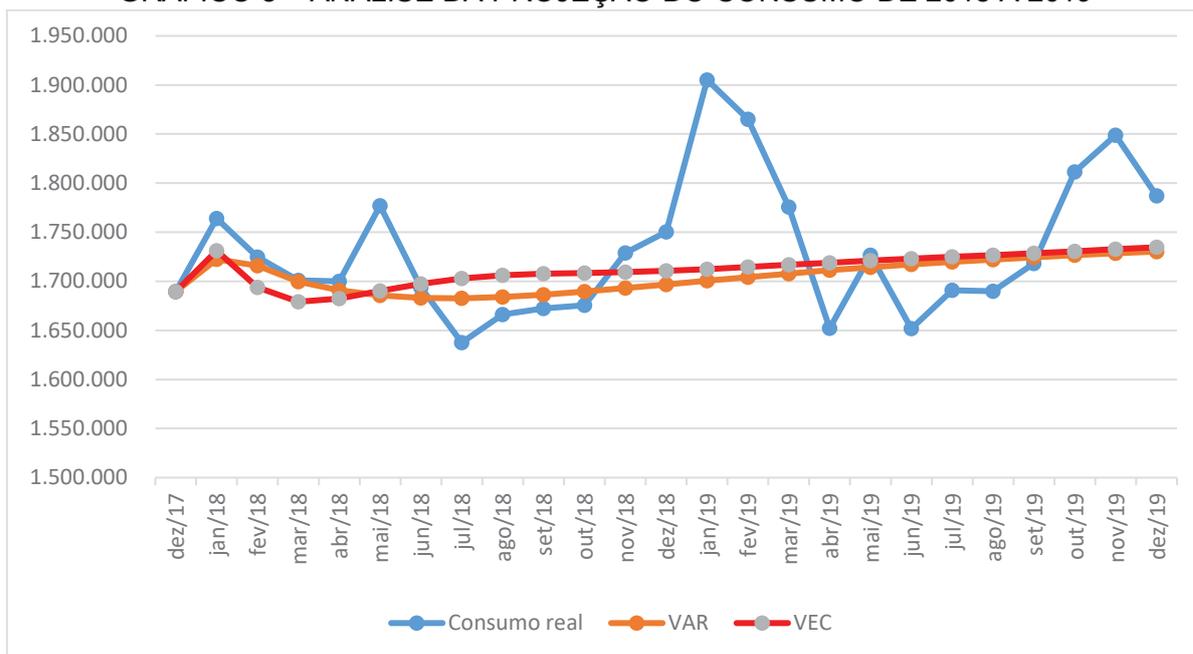
Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
D InconsumoW	0.672	2	0.71447	1	65.7050	36	0.00180
D Intemp	2.136	2	0.34375	2	54.0550	36	0.02708
D Inchuvas	216.051	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
D Intarifa	227.504	2	0.00000				
D Inrenda	0.198	2	0.90587				
D Ineconomias	68.015	2	0.00000				
ALL	514.576	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata

4.4.5 Análise dos resultados em relação ao consumo real

Na etapa posterior, as projeções do consumo pelos modelos VAR e VEC são realizadas, os resultados foram comparados ao consumo real do período 2018 a 2019 para a Mesorregião Centro Oriental Paranaense, GRÁFICO 8. O valor realizado dos municípios selecionados para os dois anos da análise foi de 43.304.128 m³, a previsão realizada pelo VAR foi de 42.626.687 m³, ou seja, um desvio absoluto de -1,6%, já a previsão acumulada do VEC foi igual a 42.793.326 m³, sendo maior que o modelo VAR, e com desvio absoluto de -1,2%.

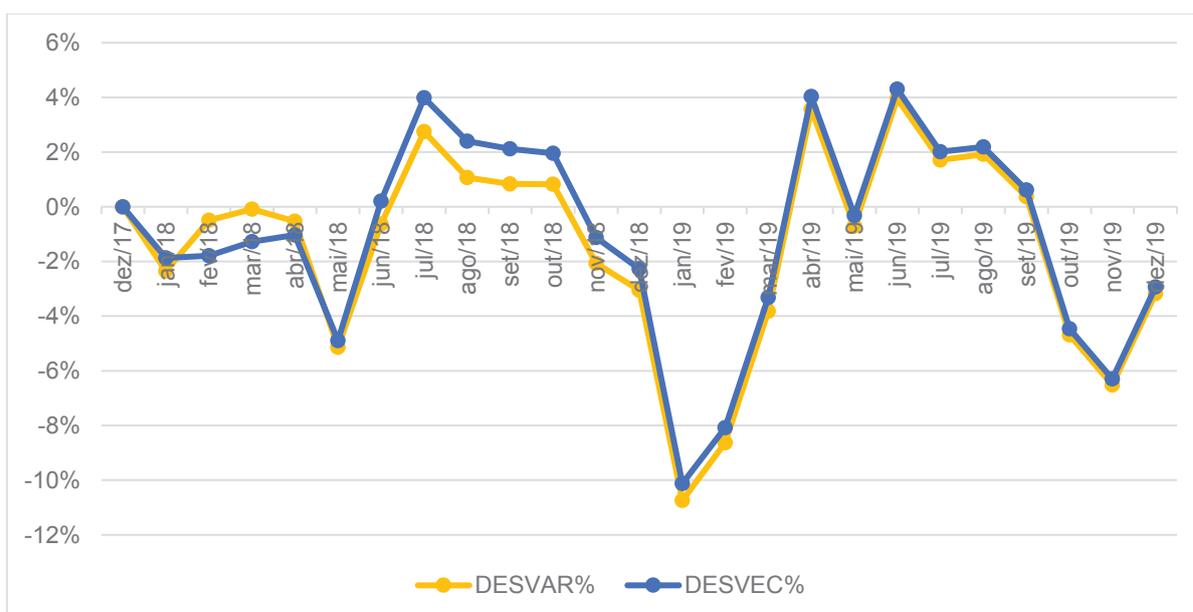
GRÁFICO 8 – ANÁLISE DA PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

Após a análise dos valores absolutos, foi verificado os desvios das estimativas dos modelos VAR e VEC, conforme GRÁFICO 9, com a aplicação do MAE = -1,4% para o VAR e com a MAE = -1,0% do VEC, mantém-se o melhor ajuste para os valores acumulados pela estimação do VEC.

GRÁFICO 9 – ANÁLISE DOS DESVIOS DOS MODELOS



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

4.5 ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE

4.5.1 Análise Descritiva dos Dados

A seleção da amostra para a Mesorregião Centro Sul Paranaense, considerando os municípios com mais de 20 mil habitantes, apresentou quatro cidades, com destaque para Guarapuava, que representa em relação ao volume medido de água mais de 60% do consumo da amostra selecionada.

TABELA 43 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018

<i>Município</i>	<i>População Urbana</i>	<i>Economias Residenciais</i>	<i>Volume Medido de Água</i>
<i>Guarapuava</i>	164.885	59.009	6.666.345
<i>Laranjeiras do Sul</i>	26.031	9.927	1.015.049
<i>Palmas</i>	46.578	13.667	1.447.673
<i>Quedas do Iguaçu</i>	23.170	7.844	847.976

Fonte: Elaboração do autor

Com a análise descritiva apresentada na TABELA 44, se destaca a média da temperatura próxima a região de Ponta Grossa e de Curitiba sem considerar o litoral paranaense, além disso, a chuva média acima dos 270 mm também é um destaque em relação as demais regiões.

TABELA 44 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO CENTRO-SUL PARANAENSE DO PERÍODO DE 2010 A 2018

Variáveis	Obs	Média	Desvio padrão	Min	Max
Demanda água	108	769063	59943	624006	908574
Temperatura	108	17.49	2.863	11.05	21.94
Precipitação	108	278.2	617.7	1.152	4278
Renda média	108	1.655e+06	171611	1.350e+06	2.166e+06
Tarifa média	108	2.913	0.911	1.737	4.648
Economias	108	81503	5309	72173	90447

Fonte: Elaboração do autor

4.5.2 Verificação da estacionariedade das séries

Com a análise descritiva dos dados, se inicia a modelagem econométrica com a realização do teste ADF aumentado. Os resultados apresentados na TABELA 45,

demonstram que na primeira diferença e com nível de confiança significativo pode se considerar a estacionariedade da amostra.

TABELA 45 – TESTE ADF – MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE

Variável	Termos na equação	Número de Defasagens	Estatística de teste	MacKinnon approximate p-value for Z(t)	Valor Crítico * 1% ***10%
InconsumoW	Constante e Tendência	1	-4.543	0.0013	-4.053*
Intemp	Constante e Tendência	1	-4.882	0.0003	-4.053*
Inchuvas	Constante e Tendência	1	-6.761	0.0000	-4.053*
Inrenda	Constante e Tendência	1	-5.442	0.0000	-4.053*
Intarifa	Constante e Tendência	1	-3.373	0.0551	-3.154***
Ineconomias	Sem Constante	0	20.232	0.0000	-2.602 *

Fonte: Elaboração do autor

4.5.3 Estimação do modelo VAR

O próximo passo para a definição das defasagens é evidenciado pela TABELA 46, pelos critérios HQIC e SBIC foi escolhido para a estimação do modelo VAR uma defasagem.

TABELA 46 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE

Selection-order criteria								
Sample: 2010m11 - 2017m12					Number of obs = 86			
lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	453.211				1.2e-12	-10.4003	-10.3313	-10.229
1	927.976	949.53	36	0.000	4.5e-17*	-20.6041	-20.1217*	-19.4055*
2	956.278	56.604	36	0.016	5.5e-17	-20.4251	-19.5292	-18.199
3	986.523	60.491	36	0.006	6.5e-17	-20.2912	-18.9819	-17.0378
4	1028.81	84.575	36	0.000	5.9e-17	-20.4375	-18.7146	-16.1566
5	1068.36	79.098	36	0.000	6.1e-17	-20.52	-18.3837	-15.2118
6	1102.69	68.651	36	0.001	7.4e-17	-20.4811	-17.9313	-14.1454
7	1148.51	91.641	36	0.000	7.4e-17	-20.7094	-17.7462	-13.3464
8	1186.07	75.119	36	0.000	1.0e-16	-20.7457	-17.3689	-12.3553
9	1231.39	90.642	36	0.000	1.3e-16	-20.9625	-17.1722	-11.5446
10	1311.92	161.07*	36	0.000	9.4e-17	-21.9982*	-17.7945	-11.553

Endogenous InconsumoW Intemp Inchuvas Intarifa Inrenda Ineconomias
Exogenous cons

Fonte: Dados extraídos do Stata

A definição de uma defasagem para a amostra de dados para o modelo VAR, considerando apenas a equação básica 3.3 do presente estudo chegou aos coeficientes propostos na TABELA 47.

TABELA 47 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE

Sample 2010m2 - 2017m12			Number of obs = 95		
Log likelihood	=	1033.15	AIC	=	-20.86632
FPE	=	3.50e-17	HQIC	=	-20.41009
Det(Sigma ml)	=	1.44e-17	SBIC	=	-19.73724

Equation	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
InconsumoW	7	.047315	0.6484	175.1932	0.0000
Intemp	7	.110614	0.6078	147.2114	0.0000
Inchuvas	7	.994569	0.0789	8.140605	0.2280
Intarifa	7	.031267	0.9862	6803.02	0.0000
Inrenda	7	.053175	0.7379	267.4088	0.0000
Ineconomias	7	.000994	0.9997	359669.2	0.0000

	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
<i>InconsumoW</i>						
InconsumoW						
L1.	.1805906	.1375519	1.31	0.189	-.0890062	.4501874
Intemp						
L1.	.1602861	.0433709	3.70	0.000	.0752807	.2452915
Inchuvas						
L1.	-.0041369	.0047968	-0.86	0.388	-.0135383	.0052646
Intarifa						
L1.	-.1493192	.0922067	-1.62	0.105	-.3300411	.0314026
Inrenda						
L1.	-.0236591	.0808798	-0.29	0.770	-.1821806	.1348625
Ineconomias						
L1.	1.31951	.3846511	3.43	0.001	.5656078	2.073413
cons	-3.760984	4.581436	-0.82	0.412	-12.74043	5.218466

Fonte: Dados extraídos do Stata

Os resultados dos coeficientes da estimação pelo VAR apresentam sinais esperados conforme a hipótese do presente estudo, salientando que a temperatura pela sua significância estatística, considerando os dados da Mesorregião Centro Sul, é a que impacta para o consumo de água nas residências, sendo que um aumento na temperatura tende a aumentar o consumo futuro de água.

Para a análise da causalidade de Granger da amostra conforme a TABELA 48, se mantém a análise do estimado pelo VAR, dado que, com o grau de confiança do teste, pode se dizer que a temperatura tem uma relação de causalidade no consumo de água residencial.

TABELA 48 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE

Equação	Excluída	chi2	df	Prob > chi2
InconsumoW	Intemp	13.658	1	0.000
InconsumoW	Inchuvas	0.74378	1	0.388
InconsumoW	Intarifa	2.5131	1	0.105
InconsumoW	Inrenda	0.08557	1	0.770
InconsumoW	Ineconomias	11.768	1	0.001
InconsumoW	ALL	38.028	5	0.000

Fonte: Elaboração do autor

Seguindo para os testes LM e Jarque-Bera, para avaliar as premissas dos resíduos, conforme FIGURA abaixo, verifica que foram atendidos os requisitos de distribuição normal e não autocorrelação dos resíduos da amostra.

TABELA 49 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE

Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
InconsumoW	0.215	2	0.89815	1	52.5970	36	0.03649
Intemp	33.771	2	0.00000	2	35.4547	36	0.49434
Inchuvas	182.323	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
Intarifa	281.871	2	0.00000				
Inrenda	1.433	2	0.48841				
Ineconomias	0.646	2	0.72396				
ALL	500.260	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata

4.5.4 Estimação do modelo VEC

Para a estimação do modelo VEC, primeiramente foi realizado o teste de cointegração de Johansen, para a identificação do rank a ser definido para a estimação do modelo, conforme demonstrado na TABELA 50.

TABELA 50 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE

Johansen tests for cointegration							
Trend constant				Number of obs = 91			
Sample: 2010m6 - 2017m12				Lags	=	5	
maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value	1% critical value	
0	150	1036.075		186.8694	94.15	103.18	
1	161	1078.9563	0.61033	101.1067	68.52	76.07	
2	170	1100.4775	0.37687	58.0643	47.21	54.46	
3	177	1115.3818	0.27932	28.2558*1*5	29.68	35.65	
4	182	1125.2987	0.19584	8.4219	15.41	20.04	
5	185	1129.1201	0.08056	0.7791	3.76	6.65	
6	186	1129.5097	0.00852				

Fonte: Dados extraídos do Stata

De acordo com o teste Johansen (TABELA 50), foi definido o rank 3, que obteve o mesmo valor para o critério de 5% quanto para 1%, assim foi estimado o modelo VEC para análise dos vetores de longo prazo da série, como demonstra a TABELA 51. Os resultados demonstram que a tarifa e a renda possuem relevância estatística para a determinação do consumo residencial de água, sendo que há uma relação negativa em relação as economias que pode ser explicada pelo menor crescimento durante o período de 2010 a 2017 da amostra dos dados, assim mostrando um impacto negativo.

TABELA 51 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE

Johansen normalization restrictions imposed						
beta	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
InconsumoW	1	.	.	.	.	.
Intemp	-1.11e-16	.	.	.	.	.
Inchuvas	-2.78e-17	.	.	.	.	.
Intarifa	4.121341	1.308293	3.15	0.002	1.557134	6.685548
Inrenda	6.10022	.9856399	6.19	0.000	4.168401	8.032039
Ineconomias	-25.82018	5.763916	-4.48	0.000	-37.11725	-14.52311
cons	186.8656	.	.	.	.	.

Fonte: Dados extraídos do Stata

Após a análise de longo prazo considerando as estimativas do VEC, foram realizados os testes dos resíduos que atenderam aos requisitos dos testes LM e Jarque-Bera para a qualidade do ajuste do modelo, como se pode analisar na TABELA 52.

TABELA 52 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE

Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
D InconsumoW	0.850	2	0.65393	1	56.9257	36	0.01463
D Intemp	137.572	2	0.00000	2	52.0947	36	0.04034
D Inchuvas	107.965	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
D Intarifa	183.190	2	0.00000				
D Inrenda	2.775	2	0.24975				
D Ineconomias	1.585	2	0.45274				
ALL	433.936	12	0.00000				

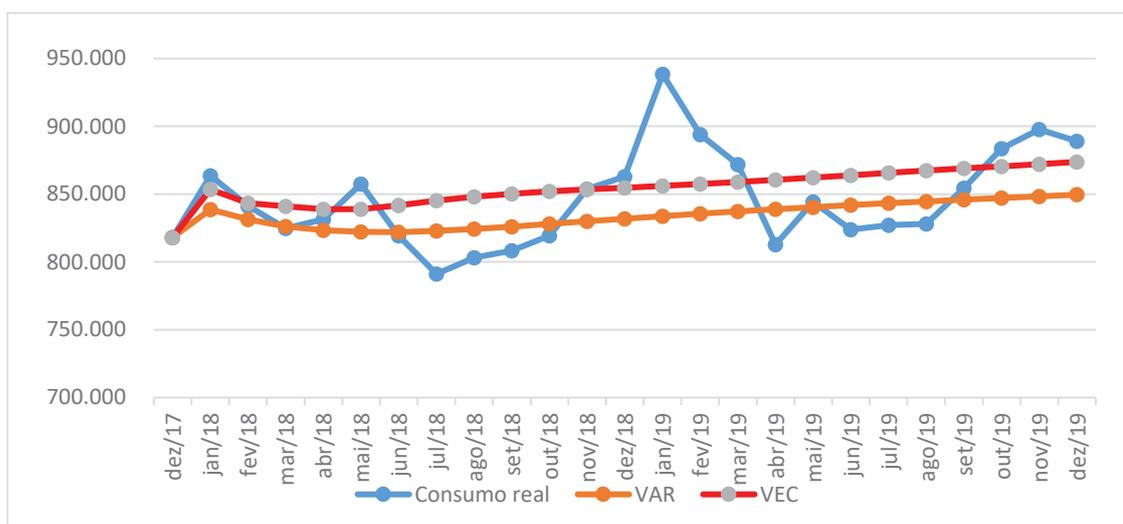
Fonte: Dados extraídos do Stata

4.5.5 Análise dos resultados em relação ao consumo real

Dado a estimação dos modelos pelos métodos VAR e VEC, foi realizado o teste da previsão do consumo residencial de água em relação aos valores reais, conforme GRÁFICO 10. Verifica-se assim como nas outras mesorregiões, que no verão de 2018-2019 houve um excesso de consumo de água, que as duas metodologias não conseguiram captar, que não pode ser explicado pelas variáveis da pesquisa atual.

Além disso, para a mesorregião estudada nesta seção, o modelo VEC superestimou os valores em relação ao modelo VAR.

GRÁFICO 10 – ANÁLISE DA PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019

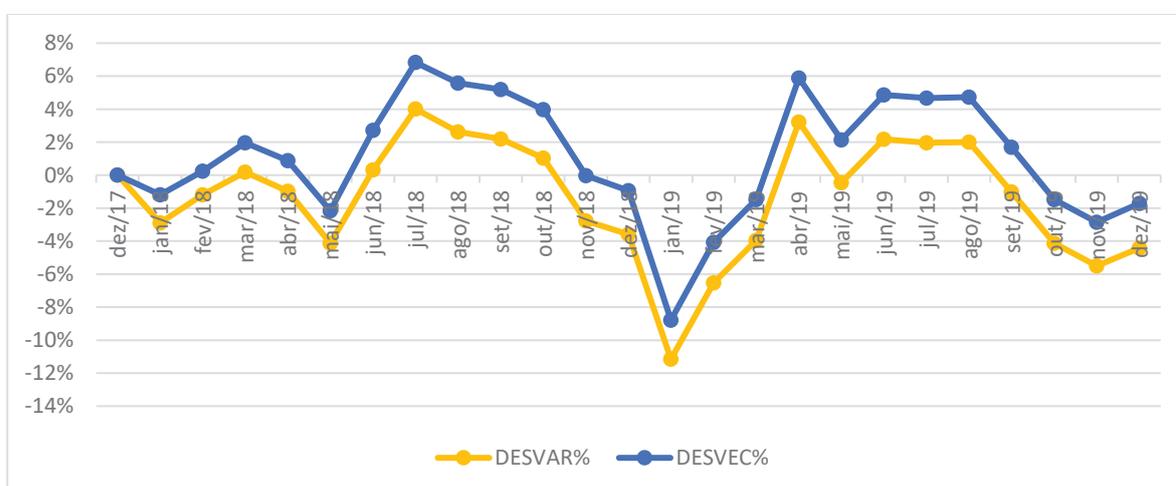


Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

Entretanto considerando os valores acumulados para a Mesorregião Centro Sul Paranaense, o valor acumulado do consumo de água foi de 21.160.392 m³, sendo para o VEC o valor acumulado previsto foi de 21.357.055m³, um desvio 0,9% em relação ao consumo real, sendo que o VAR o valor previsto acumulado foi de 20.852.069 m³, um desvio de -1,5%.

Para a análise dos desvios das previsões realizadas o VEC ainda superestima os resultados, como já demonstrado, e também demonstra o mesmo padrão dos erros em relação ao VAR, conforme se pode analisar no GRÁFICO 11.

GRÁFICO 11 – ANÁLISE DOS DESVIOS DOS MODELOS



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

Porém, mesmo com os desvios superestimados em relação ao VAR, o MAE = 1,1% no acumulado para o VEC contra um MAE = -1,3% do VAR, ainda demonstra um melhor ajuste do VEC.

4.6 ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE

4.6.1 Análise Descritiva dos Dados

Para a construção da amostra dos dados considerando o critério dos municípios com mais de 20 mil habitantes em 2018, para a Mesorregião Noroeste Paranaense, foram selecionadas quatro cidades como demonstrado na TABELA 53.

TABELA 53 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018

Município	População Urbana	Economias Residenciais	Volume Medido de Água
Cianorte	72.462	26.603	5.240.597
Loanda	20.843	8.082	3.415.869
Paranavaí	83.656	34.036	988.051
Umuarama	102.658	42.070	4.197.295

Fonte: Elaboração do autor

Considerando a análise descritiva dos dados entre 2010 e 2018, de acordo com a TABELA 54, verifica uma temperatura média acima dos 22 graus, quase 5 graus acima da média da região da capital paranaense.

TABELA 54 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE PERÍODO DE 2010 A 2018

Variáveis	Obs	Média	Desvio padrão	Min	Max
Demanda água	108	1.105e+06	83454	886815	1.331e+06
Temperatura	108	22.79	2.807	16.23	28.51
Precipitação	108	145.4	90.02	0.317	416.9
Renda média	108	1.655e+06	171611	1.350e+06	2.166e+06
Tarifa média	108	3.049	0.933	1.826	4.774
Economias	108	98192	8068	84241	110791

Fonte: Elaboração do autor

4.6.2 Verificação da estacionariedade das séries

Seguindo a metodologia do presente estudo, após a transformação das variáveis para o logaritmo, foi realizado o teste ADF aumentado, com o objetivo de verificar a estacionariedade da series dos dados, TABELA 55. O cálculo da estatística teste

para a primeira defasagem, atendeu ao requisito do teste para o nível crítico de 1%, assim pode-se considerar que a amostra é estacionária na primeira diferença.

TABELA 55 – TESTE ADF – MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE

Variável	Termos na equação	Número de Defasagens	Estatística de teste	MacKinnon approximate p-value for Z(t)	Valor Crítico * 1% **5%
InconsumoW	Constante e Tendência	1	-4.481	0.0016	-4.053*
Intemp	Constante e Tendência	1	-5.503	0.0000	-4.053*
Inchuvas	Constante e Tendência	1	-5.710	0.0000	-4.053*
Inrenda	Constante e Tendência	1	-5.442	0.0000	-4.053*
Intarifa	Constante e Tendência	1	-3.744	0.0196	-3.456 **
Ineconomias	Sem Constante	0	11.920	0.0000	-2.602 *

Fonte: Elaboração do autor

4.6.3 Estimação do modelo VAR

Atendendo a sequência da metodologia apresentada, foi aplicado o teste para a escolha do número de defasagens para a estimação do modelo VAR, pelos critérios já mencionados. Os resultados estão apresentados na TABELA 56,

TABELA 56 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE

Selection-order criteria								
Sample: 2010m11 - 2017m12					Number of obs = 86			
lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	437.378				1.8e-12	-10.0321	-9.96314	-9.86082
1	899.52	924.28	36	0.000	8.8e-17	-19.9423	19.4599*	18.7437*
2	938.749	78.458	36	0.000	8.3e-17	-20.0174	-19.1215	-17.7914
3	988.359	99.221	36	0.000	6.2e-17*	-20.3339	-19.0246	-17.0805
4	1026.8	76.876	36	0.000	6.2e-17	-20.3906	-18.6678	-16.1098
5	1055.42	57.251	36	0.014	8.2e-17	-20.2191	-18.0828	-14.9109
6	1093.13	75.415	36	0.000	9.2e-17	-20.2588	-17.709	-13.9232
7	1142.37	98.477	36	0.000	8.5e-17	-20.5667	-17.6034	-13.2037
8	1197.11	109.49	36	0.000	7.7e-17	-21.0026	-17.6259	-12.6122
9	1248.63	103.04	36	0.000	8.7e-17	-21.3635	-17.5733	-11.9457
10	1310.31	123.36*	36	0.000	9.7e-17	-21.9607*	-17.757	-11.5155

Endogenous InconsumoW Intemp Inchuvas Intarifa Inrenda Ineconomias
Exogenous cons

Fonte: Dados extraídos do Stata

Seguindo o padrão adotado de escolha das defasagens para o HQIC e SBIC foi definido apenas uma defasagem para a estimação do modelo VAR, conforme a TABELA 57.

Os resultados da estimação do modelo VAR, da TABELA 57 acima, se demonstraram consistentes em relação ao valor crítico de *p-value*. Exceto pelo valor negativo da constante da equação para a estimação do consumo de água nas residências, a temperatura com sinal positivo e com significância estatística em relação ao consumo de água.

Como também, o resultado do coeficiente da chuva que negativo e com nível de confiança razoável, também pode explicar o consumo de água, assim com a tarifa da água.

TABELA 57 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE

Sample 2010m2 - 2017m12			Number of obs = 95		
Log likelihood	=	994.0287	AIC	=	-20.04271
FPE	=	7.97e-17	HQIC	=	-19.58648
Det(Sigma ml)	=	3.29e-17	SBIC	=	-18.91363

Equation	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
InconsumoW	7	.049857	0.6225	156.6595	0.0000
Intemp	7	.083624	0.5787	130.4944	0.0000
Inchuvas	7	.939129	0.2372	29.54711	0.0000
Intarifa	7	.03089	0.9866	7018.239	0.0000
Inrenda	7	.055015	0.7194	243.5744	0.0000
Ineconomias	7	.002154	0.9993	126819.1	0.0000

	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
<i>InconsumoW</i>						
InconsumoW						
L1.	.2667643	.1224427	2.18	0.029	.0267809	.5067476
Intemp						
L1.	.2517687	.0626179	4.02	0.000	.1290399	.3744975
Inchuvas						
L1.	-.0194858	.004999	-3.90	0.000	-.0292836	-.0096879
Intarifa						
L1.	-.2249696	.0886982	-2.54	0.011	-.3988148	-.0511244
Inrenda						
L1.	-.0175052	.0820273	-0.21	0.831	-.1782758	.1432654
Ineconomias						
L1.	1.173612	.2947405	3.98	0.000	.5959317	1.751293
cons	-3.488497	3.505544	-1.00	0.320	-10.35924	3.382243

Fonte: Dados extraídos do Stata

Confirmando a relevância dos coeficientes em explicar o consumo de água residencial da Mesorregião Noroeste Paranaense, o teste de causalidade de Granger, para as variáveis de temperatura e chuvas tiveram um nível estatístico

acima do *p-value* crítico a 0,05 de significância, com isso pode se admitir a hipótese de causalidade destas variáveis em relação ao consumo de água.

TABELA 58 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE

Equação	Excluída	chi2	df	Prob > chi2
InconsumoW	Intemp	16.166	1	0.000
InconsumoW	Inchuvas	15.194	1	0.000
InconsumoW	Intarifa	6.4331	1	0.011
InconsumoW	Inrenda	0.04554	1	0.831
InconsumoW	Ineconomias	15.855	1	0.000
InconsumoW	ALL	41.69	5	0.000

Fonte: Elaboração do autor

Para finalizar o teste de adequação do modelo para as premissas da metodologia do VAR, foram realizados os testes LM e Jarque-Bera para avaliar a qualidade dos resíduos, e com os resultados apresentados na TABELA 59 a seguir, as premissas foram atingidas tanto de não autocorrelação quando distribuição normal dos resíduos.

TABELA 59 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE

Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
InconsumoW	0.131	2	0.93672	1	71.1568	36	0.00043
Intemp	1.533	2	0.46472	2	51.1771	36	0.04830
Inchuvas	353.647	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
Intarifa	309.880	2	0.00000				
Inrenda	3.256	2	0.19636				
Ineconomias	47.821	2	0.00000				
ALL	716.267	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata

4.6.4 Estimação do Modelo VEC

Para a análise dos vetores de longo prazo de série da mesorregião estudada nesta seção, ao aplicar o teste de cointegração de Johansen, salienta-se o resultado para a escolha do rank 3 para a estimação do modelo VEC, conforme pode-se analisar na TABELA 60.

TABELA 60 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE

Johansen tests for cointegration						
Trend constant				Number of obs = 84		
Sample: 2011m1 - 2017m12				Lags	=	12
maximum				trace	5% critical	1% critical
rank	parms	LL	eigenvalue	statistic	value	value
0	402	1398.7364		372.4818	94.15	103.18
1	413	1480.965	0.85883	208.0246	68.52	76.07
2	422	1528.6502	0.67869	112.6542	47.21	54.46
3	429	1561.262	0.53997	47.4306	29.68	35.65
4	434	1573.3904	0.25082	23.1738	15.41	20.04
5	437	1584.2515	0.22787	1.4515*1*5	3.76	6.65
6	438	1584.9773	0.01713			

Fonte: Dados extraídos do Stata

Com a estimação do modelo VEC, TABELA 61, se verifica que apenas a relação das economias residências de água apresenta relevância no longo prazo para a amostra em questão, ainda para um sinal negativo, que pode indicar uma tendência de uma menor consumo de água no longo prazo, o talvez o reaproveitamento da água na própria residência, como a reutilização da água da máquina de lavar-roupas para a lavar a calçada, ou a utilização de outras fontes que não a empresa de saneamento, como a utilização de poços.

TABELA 61 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE

Johansen normalization restrictions imposed						
beta	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
InconsumoW	1	.	.	.	.	.
Intemp	-3.09e-18	.	.	.	.	.
Inchuvas	2.01e-18	.	.	.	.	.
Intarifa	-8.33e-17	.	.	.	.	.
Inrenda	-2.08e-17	.	.	.	.	.
Ineconomias	-.4973156	.1140757	-4.36	0.000	-.7209	-.2737312
cons	-8.210171	.	.	.	.	.

Fonte: Dados extraídos do Stata

Para a análise dos resíduos do modelo VEC se mantém o atendimento as premissas da metodologia, conforme a TABELA 62.

TABELA 62 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE

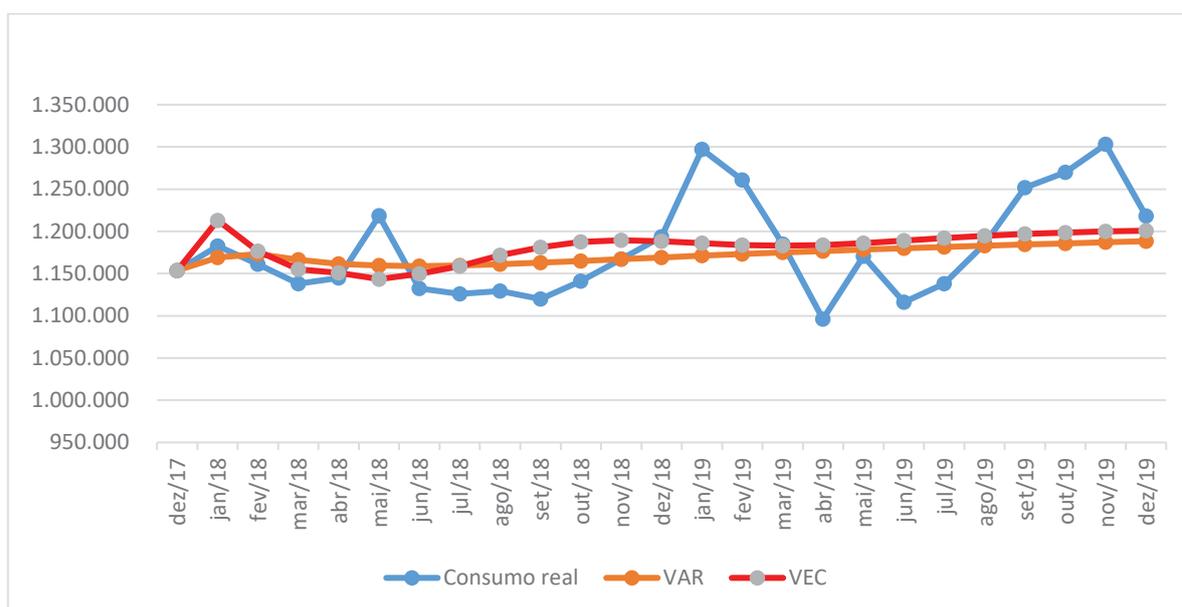
Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
D InconsumoW	0.938	2	0.62578	1	79.5401	36	0.00004
D Intemp	2.238	2	0.32663	2	39.4476	36	0.31844
D Inchuvas	383.978	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
D Intarifa	178.793	2	0.00000				
D Inrenda	18.544	2	0.00009				
D Ineconomias	40.655	2	0.00000				
ALL	625.146	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata

4.6.5 Análise dos resultados em relação ao consumo real

Analisando os resultados das previsões tanto do modelo VAR quanto do modelo VEC para os anos de 2018 e 2019, conforme demonstrado no GRÁFICO 12, é possível verificar que o VEC superestimou os resultados em relação ao VAR. E mantendo a análise quanto a não aderência do modelo para os valores de pico de consumo no verão de 2018-2019 e no fim de 2019.

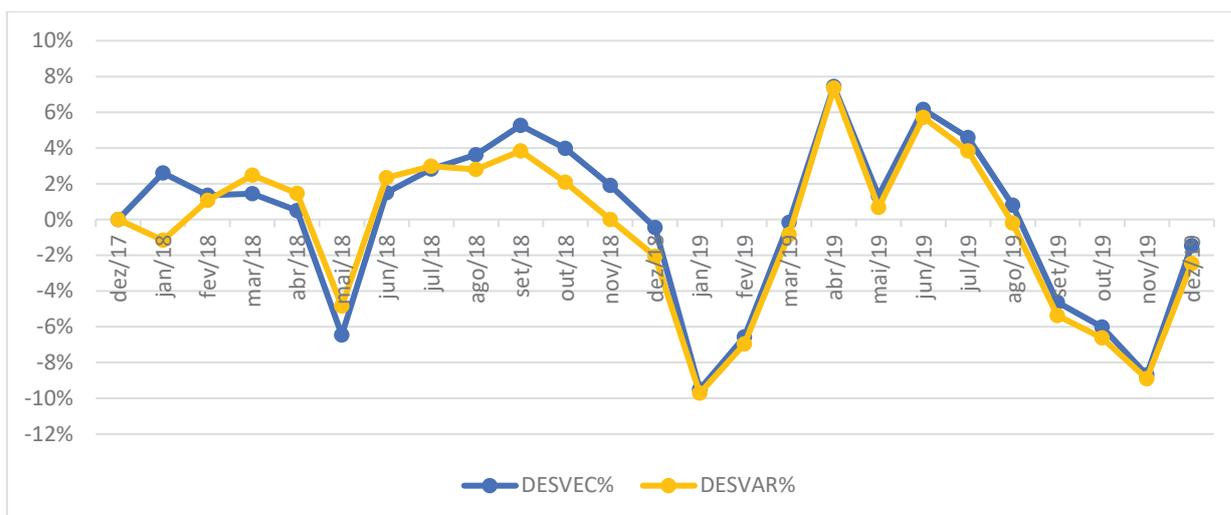
GRÁFICO 12 – ANÁLISE DA PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

O resultado acumulado para o consumo real e estimado pelos modelos VAR e VEC foram os seguintes, 29.501.065m³ para o consumo real, 29.291.255m³ para o VAR e 29.513.702m³ para o VEC, sendo que o desvio absoluto foi de -0,7% e 0,04% respectivamente. O GRÁFICO 13 a seguir demonstra os desvios dos erros para a estimação das previsões em relação ao valor real.

GRÁFICO 13 – ANÁLISE DOS DESVIOS DOS MODELOS



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

Aplicando o teste do MAE para os desvios, chegou-se ao valor de -0,5% para o VAR e 0,1% para o VEC. O resultado do MAE demonstra que considerando a média dos desvios o VEC se ajuste melhor a serie dos dados, mas considerando o desvio absoluto o VAR se mostrou mais assertivo., e dado a sua menor amplitude pode se optar pelo VEC em relação ao VAR.

4.7 ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO NORTE CENTRAL PARANAENSE

4.7.1 Análise Descritiva dos Dados

Utilizando o critério para os municípios com mais de 20 mil habitantes da Mesorregião do Norte Central Paranaense considerando os dados de 2018, selecionou doze cidades, sendo que Maringá e Londrina em relação ao porte e a representatividade econômica muito importantes para o estado de Paraná, conforme se verifica na TABELA 63.

TABELA 63 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO NORTE CENTRAL PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018

Município	População Urbana	Economias Residenciais	Volume Medido de Água
Apucarana	126.183	46.482	2.914.061
Arapongas	118.523	42.775	1.135.112
Astorga	23.758	9.625	5.449.063
Cambé	101.572	38.671	4.938.750
Ivaiporã	27.627	11.609	4.899.420
Londrina	549.273	218.215	1.460.812
Mandaguaçu	20.030	10.111	29.231.074
Mandaguari	32.471	13.559	1.180.360
Maringá	409.508	141.278	1.218.916
Nova Esperança	25.425	8.885	1.560.786

Paiçandu	40.220	16.368	18.292.489
Rolândia	62.219	24.799	1.963.262

Fonte: Elaboração do autor

Para a análise descritiva dos dados entre 2010 a 2018 conforme a TABELA 64, pode-se verificar que as chuvas médias ficaram entre 140 mm e com uma temperatura média de 21 graus.

TABELA 64 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE PERIODO DE 2010 A 2018

Variáveis	Obs	Média	Desvio padrão	Min	Max
Demanda água	108	5.981e+06	388270	4.935e+06	7.043e+06
Temperatura	108	21.73	2.547	15.98	25.76
Precipitação	108	143.6	94.41	0	464.7
Renda média	108	1.655e+06	171611	1.350e+06	2.166e+06
Tarifa média	108	3.062	0.910	1.872	4.757
Economias	108	525839	39660	452592	582377

Fonte: Elaboração do autor

4.7.2 Verificação da estacionariedade das séries

Com a aplicação do teste ADF aumentado, conforme a TABELA 65, e com os resultados obtidos, é possível concluir com razoável confiança que a série para a Mesorregião Norte Central Paranaense, possui estacionariedade.

TABELA 65 – TESTE ADF – MESORREGIÃO NORTE CENTRAL PARANAENSE

Variável	Termos na equação	Número de Defasagens	Estatística de teste	MacKinnon approximate p-value for Z(t)	Valor Crítico * 1% **5%
InconsumoW	Constante e Tendência	1	-4.751	0.0006	-4.053*
Intemp	Constante e Tendência	1	-5.550	0.0000	-4.053*
Inchuvas	Constante e Tendência	1	-6.561	0.0000	-4.053*
Inrenda	Constante e Tendência	1	-5.442	0.0000	-4.053*
Intarifa	Constante e Tendência	1	-3.669	0.0245	-3.456 **
Ineconomias	Sem Constante	0	17.952	0.0000	-2.602 *

Fonte: Elaboração do autor

4.7.3 Estimação do modelo VAR

Para a Mesorregião Norte Central Paranaense, para a definição dos critérios para a escolha das defasagens, os resultados não foram consistentes para a escolha de apenas uma defasagem pois somente o SBIC apresentou significância, pelos outros critérios, a melhor escolha pode ser definida com 10 defasagens, conforme a TABELA 66.

TABELA 66 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO NORTE CENTRAL PARANAENSE

Selection-order criteria								
Sample: 2010m11 - 2017m12					Number of obs = 80			
lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	411.491				1.6e-12	-10.1373	-10.0656	-9.95862
1	903.134	983.29	36	0.000	1.8e-17	-21.5283	-21.027	-20.2778*
2	945.633	84.998	36	0.000	1.6e-17	-21.6908	-20.7597	-19.3683
3	1008.44	125.62	36	0.000	8.3e-18	-22.3611	-21.0002	-18.9667
4	1045.52	74.158	36	0.000	8.7e-18	-22.3881	-20.5974	-17.9218
5	1074.88	58.72	36	0.010	1.2e-17	-22.2221	-20.0016	-16.6839
6	1109.97	70.172	36	0.001	1.5e-17	-22.1992	-19.549	-15.5891
7	1178.11	136.28	36	0.000	8.8e-18	-23.0027	-19.9228	-15.3207
8	1237.02	117.82	36	0.000	7.8e-18	-23.5754	-20.0657	-14.8215
9	1312.2	150.36	36	0.000	5.7e-18	-24.555	-20.6155	-14.7291
10	1417.03	209.65*	36	0.000	2.8e-18*	-26.2756*	-21.9064*	-15.3779
Endogenous	InconsumoW	Intemp	Inchuvas	Intarifa	Inrenda	Ineconomias		
Exogenous	cons							

Fonte: Dados extraídos do Stata

Para a estimação do modelo VAR foi realizado a estimação das duas formas tanto com uma defasagem, padrão para a maioria das estimações realizadas no presente trabalho, quanto com 10 defasagens. Porém com a estimação com 10 defasagens houve o problema de autocorrelação dos resíduos além teste Jarque-Bera ser não consistente para a distribuição normal dos resíduos.

Assim, para atender as premissas do modelo VAR, foi definido pelo critério de HQIC uma defasagem para a estimação do VAR, conforme segue a TABELA 67. Com a estimação dos coeficientes com uma defasagem, os resultados para a temperatura e para a chuva atenderam a hipótese inicial do trabalho quanto ao sinal para explicar a variação do consumo, sendo positivo e negativo respectivamente.

TABELA 67 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO NORTE CENTRAL PARANAENSE

Sample 2010m2 - 2017m12		but with a gap		Number of obs = 93	
Log likelihood	=	1053.212		AIC	= -21.7465
FPE	=	1.45e-17		HQIC	= -21.28469
Det(Sigma ml)	=	5.87e-18		SBIC	= -20.60275

Equation	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
InconsumoW	7	.043327	0.6254	155.2505	0.0000
Intemp	7	.08832	0.5246	102.6428	0.0000
Inchuvas	7	.879264	0.2915	38.25966	0.0000
Intarifa	7	.029929	0.9859	6507.239	0.0000
Inrenda	7	.055001	0.7254	245.7318	0.0000
Ineconomias	7	.001094	0.9998	431104.2	0.0000

	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
<i>InconsumoW</i>						

InconsumoW						
L1.	.0975491	.1164896	0.84	0.402	-.1307663	.3258644
Intemp						
L1.	.257192	.0530394	4.85	0.000	.1532367	.3611472
Inchuvas						
L1.	-.0195862	.0045382	-4.32	0.000	-.0284809	-.0106915
Intarifa						
L1.	-.1245626	.0632885	-1.97	0.049	-.2486057	-.0005195
Inrenda						
L1.	-.0062868	.0721285	-0.09	0.931	-.147656	.1350824
Ineconomias						
L1.	.9166267	.2181555	4.20	0.000	.4890497	1.344204
cons	1.533368	2.847372	0.54	0.590	-4.047378	7.114114

Fonte: Dados extraídos do Stata

O resultado do teste de causalidade de Granger, TABELA 68, também corrobora para a análises das variáveis de temperatura e chuva, onde se pode considerar que elas possuem uma relação de causalidade significativa em relação ao consumo de água para a mesorregião desta seção.

TABELA 68 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO NORTE CENTRAL PARANAENSE

Equação	Excluída	chi2	df	Prob > chi2
InconsumoW	Lntemp	23.514	1	0.000
InconsumoW	Lnchuvas	18.627	1	0.000
InconsumoW	Lntarifa	3.8737	1	0.049
InconsumoW	Lnrenda	0.0076	1	0.931
InconsumoW	Ineconomias	17.654	1	0.000
InconsumoW	ALL	54.87	5	0.000

Fonte: Elaboração do autor

Para a análise dos resíduos os testes de LM e Jarque-Bera, atenderam aos requisitos de normalidade dos resíduos em relação as premissas do modelo, conforme a TABELA 69 abaixo:

TABELA 69 – TESTE DOS RESÍDUOS MESORREGIÃO NORTE CENTRAL PARANAENSE

Equation	Jarque-Bera test			Lagrange-multiplier test			
	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
InconsumoW	0.841	2	0.65658	1	76.3428	36	0.00010
Intemp	4.293	2	0.11687	2	59.6342	36	0.00792
Inchuvas	117.037	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
Intarifa	361.773	2	0.00000				
Inrenda	1.063	2	0.58767				
Ineconomias	2.097	2	0.35051				
ALL	487.105	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata

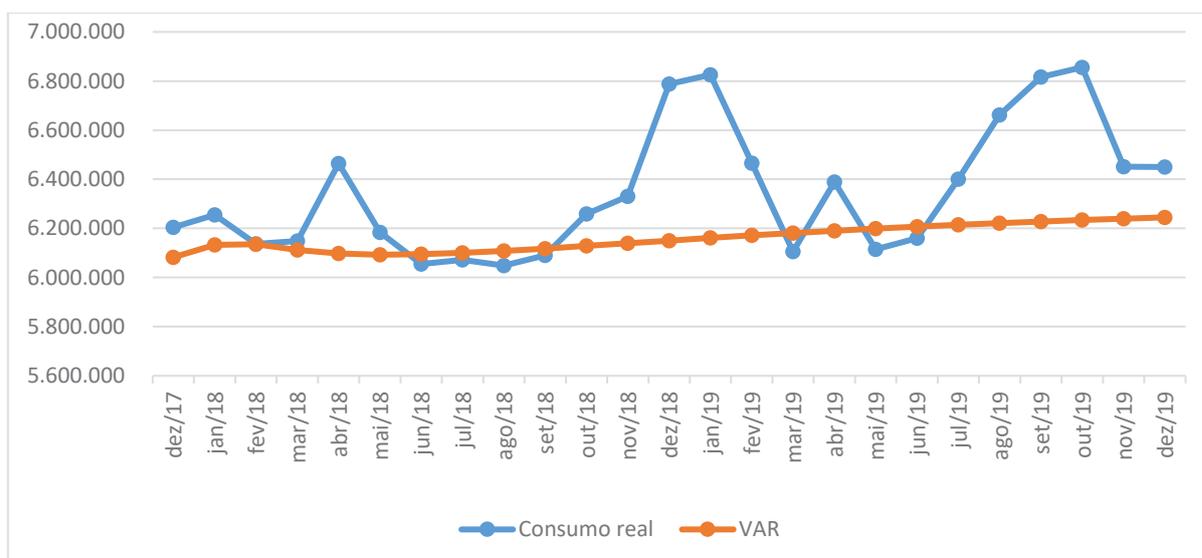
4.7.4 Estimação do modelo VEC

A estimação do modelo VEC para a Mesorregião do Norte Central Paranaense, não atendeu aos requisitos da modelagem, sendo que foram testados vários tipos de rank para a tentativa, e o software Stata não conseguiu estimar o modelo, não sendo possível identificar o motivo.

4.7.5 Análise dos resultados em relação ao consumo real

Com apenas a previsão do modelo VAR realizada, foi analisado a sua aderência em relação ao consumo real, sendo que para os 24 meses acumulados o valor consumido de água real das residências foi de 152.284.195 m³ sendo que pela estimativa do VAR foi de 147.904.398 m³, com um desvio absoluto de -3%.

GRÁFICO 14 – ANÁLISE DA PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

4.8 ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE

4.8.1 Análise Descritiva dos Dados

A Mesorregião do Norte pioneiro paranaense, possuía em 2018 cinco municípios com mais de 20 mil habitantes, e conforme se pode verificar na TABELA 70 são cidades de portes próximo em relação ao consumo de água residencial, com pequeno destaque para Santo Antônio da Platina.

TABELA 70 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018

Município	População Urbana	Economias Residenciais	Volume Medido de Água
Cambará	23.644	8.274	1.662.625
Cornélio Procópio	45.176	17.758	1.006.936
Ibaiti	25.038	9.449	1.683.070
Jacarezinho	35.053	13.711	1.031.250
Santo Antônio da Platina	39.557	14.636	2.081.262

Fonte: Elaboração do autor

Em relação a TABELA 71 com a análise descritiva, pode se analisar que a temperatura média do período ficou acima de 20 graus, e com chuvas em torno de 120 mm, sendo uma das mais baixas em relação as outras mesorregiões estudadas.

TABELA 71 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE PERIODO DE 2010 A 2018

Variáveis	Obs	Média	Desvio padrão	Min	Max
Demanda água	108	610676	37537	519229	734052
Temperatura	108	21.46	2.619	15.88	26.03
Precipitação	108	120.7	81.37	0	452.6
Renda média	108	1.655e+06	171611	1.350e+06	2.166e+06
Tarifa média	108	2.919	0.931	1.712	4.647
Economias	108	58861	2964	53767	63828

Fonte: Elaboração do autor

4.8.2 Verificação da estacionariedade das séries

Seguindo a metodologia para a estimação do modelo VAR, foi realizado o teste ADF aumentado para verificar se a série é ou não estacionária. E seguindo a TABELA 72 que apresenta os resultados do teste, é possível estimar que a série é estacionaria com um grau significância estatística com valores de teste maiores que os valores críticos a 1%.

TABELA 72 – TESTE ADF – MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE

Variável	Termos na equação	Número de Defasagens	Estatística de teste	MacKinnon approximate p-value for Z(t)	Valor Crítico * 1% **5%
InconsumoW	Constante e Tendência	1	-5.031	0.0002	-4.053*
Intemp	Constante e Tendência	1	-5.401	0.0000	-4.053*
Inchuvas	Constante e Tendência	1	-6.716	0.0000	-4.053*

Inrenda	Constante e Tendência	1	-5.442	0.0000	-4053*
Intarifa	Constante e Tendência	1	-3.707	0.0219	-3.456 **
Ineconomias	Sem Constante	0	14.491	0.0000	-2.602 *

Fonte: Elaboração do autor

4.8.3 Estimação do modelo VAR

O passo seguinte foi a definição do número de defasagens, conforme os critérios de seleção trabalhados neste estudo, e seguindo os critérios de HQIC e SBIC, foi escolhido o critério para a estimação com uma defasagem, conforme a TABELA 73.

TABELA 73 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE

Selection-order criteria								
Sample: 2010m11 - 2017m6					Number of obs = 80			
lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	481.057				2.8e-13	-11.8764	-11.8048	-11.6978
1	918.074	874.03	36	0.000	1.2e-17	-21.9018	-21.4005*	-20.6513*
2	950.06	63.973	36	0.003	1.4e-17	-21.8015	-20.8704	-19.479
3	1001.95	103.78	36	0.000	9.7e-18	-22.1987	-20.8378	-18.8043
4	1037.9	71.899	36	0.000	1.1e-17	-22.1974	-20.4068	-17.7311
5	1073.01	70.215	36	0.001	1.2e-17	-22.1751	-19.9547	-16.6369
6	1116.4	86.784	36	0.000	1.2e-17	-22.3599	-19.7097	-15.7498
7	1173.89	114.98	36	0.000	9.8e-18	-22.8972	-19.8173	-15.2152
8	1227.07	106.36	36	0.000	9.9e-18	-23.3268	-19.817	-14.5728
9	1294.76	135.37	36	0.000	8.7e-18*	-24.1189	-20.1795	-14.2931
10	1357.24	124.96*	36	0.000	1.2e-17	-24.7809*	-20.4117	-13.8832

Endogenous InconsumoW Intemp Inchuvas Intarifa Inrenda Ineconomias
Exogenous cons

Fonte: Dados extraídos do Stata

Com a estimação do modelo VAR para uma defasagem, os coeficientes de temperatura e chuvas se mostraram com grau de confiança acima do valor crítico para o teste z. Os resultados apresentados na TABELA 74, a seguir, estão em conformidade com a hipótese descrita na metodologia quanto a esperança dos sinais positivo para a temperatura e negativo para a chuva, para explicar o consumo residencial de água.

TABELA 74 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE

Sample 2010m2 - 2017m12			but with a gap			Number of obs = 93		
Log likelihood	=	1064.047	AIC	=	-21.9795			
FPE	=	1.15e-17	HQIC	=	-21.51769			
Det(Sigma ml)	=	4.65e-18	SBIC	=	-20.83575			

Equation	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
----------	-------	------	------	------	--------

InconsumoW	7	.049296	0.4461	74.89663	0.0000
Intemp	7	.082108	0.6071	143.7042	0.0000
Inchuvas	7	.814015	0.3579	51.83666	0.0000
Intarifa	7	.031107	0.9869	7019.154	0.0000
Inrenda	7	.054815	0.7273	248.0249	0.0000
Ineconomias	7	.001108	0.9994	153054.7	0.0000

	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
<i>InconsumoW</i>						
InconsumoW						
L1.	.0808332	.1222721	0.66	0.509	-.1588157	.3204821
Intemp						
L1.	.2963423	.0614381	4.82	0.000	.1759258	.4167588
Inchuvas						
L1.	-.0203924	.0056166	-3.63	0.000	-.0314008	-.0093839
Intarifa						
L1.	-.2909351	.1071093	-2.72	0.007	-.5008654	-.0810047
Inrenda						
L1.	.01727	.0830478	0.21	0.835	-.1455006	.1800406
Ineconomias						
L1.	1.991194	.6175368	3.22	0.001	.7808438	3.201544
cons	-10.38863	7.111673	-1.46	0.144	-24.32725	3.549993

Fonte: Dados extraídos do Stata

Com o teste de causalidade de Granger foi possível ratificar o efeito de causalidade entre as variáveis de temperatura e chuvas para o consumo de água, conforme os resultados da TABELA 75.

TABELA 75 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE

Equação	Excluída	chi2	df	Prob > chi2
InconsumoW	Intemp	23.265	1	0.000
InconsumoW	Inchuvas	13.182	1	0.000
InconsumoW	Intarifa	7.378	1	0.007
InconsumoW	Inrenda	0.04324	1	0.835
InconsumoW	Ineconomias	10.397	1	0.001
InconsumoW	ALL	42.388	5	0.000

Fonte: Elaboração do autor

Para a análise de autocorrelação e distribuição normal dos resíduos do modelo VAR foram realizados os testes LM e Jarque-Bera, conforme TABELA 76. Os resultados dos testes estão em conformidade com as premissas iniciais dos testes quanto a qualidade dos resíduos da amostra.

TABELA 76 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE

Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
InconsumoW	0.336	2	0.84550	1	68.4611	36	0.00088
Intemp	4.244	2	0.11980	2	44.3163	36	0.16093
Inchuvas	32.656	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
Intarifa	181.494	2	0.00000				
Inrenda	1.581	2	0.45370				
Ineconomias	5.184	2	0.07489				
ALL	225.494	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata

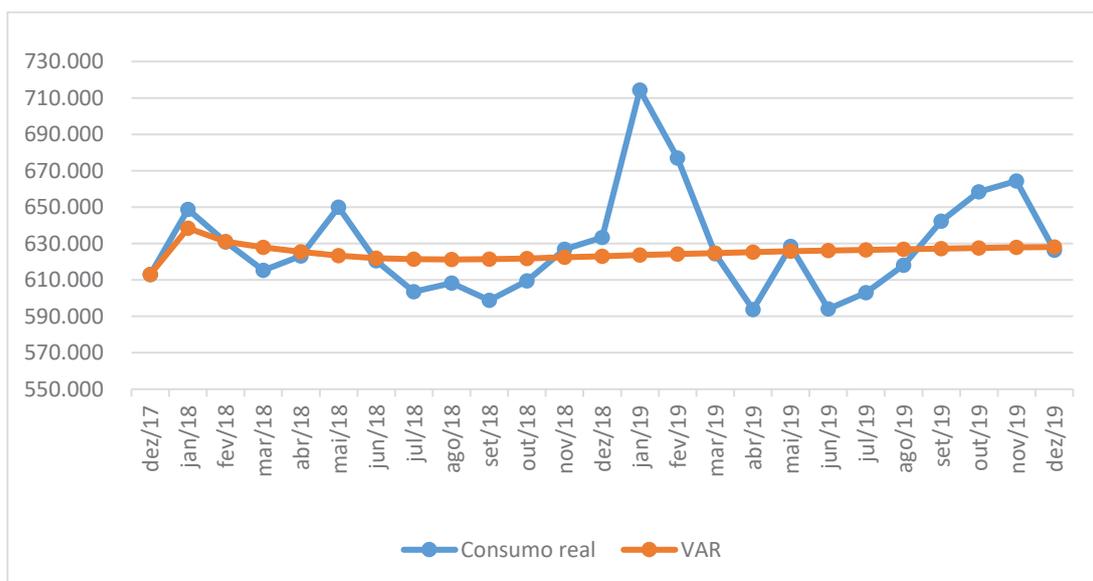
4.8.4 Estimação do modelo VEC

Para a estimação do modelo VEC, os dados para a Mesorregião Central, também não satisfizeram as condições necessárias do software STATA aplicar a metodologia VEC, assim, foi mantida apenas a previsão com o modelo VAR.

4.8.5 Análise dos resultados em relação ao consumo real

Com apenas o modelo VAR sendo realizado dentro da metodologia aplicável, foi realizada a previsão para os próximos 24 meses, como se verifica no GRÁFICO 15. O consumo total para o período foi de 15.113.683 m³, sendo que o valor estimado pelo VAR foi de 15.013.959 m³, com um desvio absoluto de -0,7%, portanto sendo um bom estimador de médio prazo para a amostra em questão.

GRÁFICO 15 – PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

4.9 ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE

4.9.1 Análise Descritiva dos Dados

Seguindo a primeira análise da aplicação da metodologia do presente estudo, a Mesorregião Oeste Paranaense em 2018, possuía oito cidades com mais de 20 mil pessoas, nessa região pelo porte e pela importância econômica para o Estado, situam-se as cidades de Cascavel e Foz do Iguaçu, onde juntas representam cerca de 66% do volume medido de água, TABELA 77.

TABELA 77 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018

Município	População Urbana	Economias Residenciais	Volume Medido de Água
Assis Chateaubriand	29.340	12.596	1.544.948
Cascavel	306.160	111.693	12.908.565
Foz do Iguaçu	256.674	98.245	13.887.643
Guaíra	30.244	9.928	1.285.263
Medianeira	40.962	17.368	2.096.536
Palotina	27.122	12.212	1.508.484
Santa Terezinha de Itaipu	20.991	7.779	952.956
Toledo	125.734	50.711	5.891.123

Fonte: Elaboração do autor

Com a amostra definida para a mesorregião, foi levantado as informações da análise descritiva dos dados, como demonstrado na TABELA 78. Os resultados demonstram que a média do período de 2010 a 2018, as chuvas médias ficaram acima dos 200mm e a temperatura acima dos 20 graus.

TABELA 78 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE PERÍODO DE 2010 A 2018

Variáveis	Obs	Média	Desvio padrão	Min	Max
Demanda água	108	3.086e+06	265322	2.450e+06	3.676e+06
Temperatura	108	20.99	3.040	14.18	25.68
Precipitação	108	238.2	534.6	2.661	5458
Renda média	108	1.655e+06	171611	1.350e+06	2.166e+06
Tarifa média	108	3.044	0.926	1.848	4.773
Economias	108	280470	24022	238381	320532

Fonte: Elaboração do autor

4.9.2 Verificação da estacionariedade das séries

Com a amostra já transformada para o logaritmo foi realizado o teste ADF-aumentado para a análise da estacionariedade. Com os resultados obtidos como se verifica na TABELA 79, se pode concluir que para a primeira defasagem a série se demonstrou como estacionária.

TABELA 79 – TESTE ADF – MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE

Variável	Termos na equação	Número de Defasagens	Estatística de teste	MacKinnon approximate p-value for Z(t)	Valor Crítico * 1% ***10%
InconsumoW	Constante e Tendência	1	-4.559	0.0012	-4.053*
Intemp	Constante e Tendência	1	-5.585	0.0000	-4.053*
Inchuvas	Constante e Tendência	1	-6.800	0.0000	-4.053*
Inrenda	Constante e Tendência	1	-5.442	0.0000	-4.053*
Intarifa	Constante e Tendência	1	-3.323	0.0626	-3.154***
Ineconomias	Sem Constante	0	23.880	0.0000	-2.602 *

Fonte: Elaboração do autor

4.9.3 Estimação do modelo VAR

De acordo com a TABELA 80 a seguir, são analisados os critérios para a definição das defasagens para a estimação do VAR. Os resultados, considerando os critérios HQIC e SBIC, foi selecionado uma defasagem.

TABELA 80 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE

Selection-order criteria								
Sample: 2010m11 - 2017m12					Number of obs = 86			
lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	432.84				2.0e-12	-9.92651	-9.8576	-9.75528
1	944.703	1023.7	36	0.000	3.1e-17	-20.9931	-20.5107*	-19.7945*
2	981.096	72.785	36	0.000	3.1e-17	-21.0022	-20.1064	-18.7762
3	1022.3	82.413	36	0.000	2.8e-17	-21.1233	-19.814	-17.8699
4	1064.88	85.154	36	0.000	2.6e-17	-21.2763	-19.5534	-16.9954
5	1096.47	63.189	36	0.003	3.1e-17	-21.1738	-19.0375	-15.8656
6	1143.53	94.107	36	0.000	2.8e-17	-21.4309	-18.8811	-15.0952
7	1208.47	129.88	36	0.000	1.8e-17*	-22.1039	-19.1406	-14.7409
8	1247.09	77.246	36	0.000	2.4e-17	-22.1649	-18.7882	-13.7745
9	1302.15	110.12	36	0.000	2.5e-17	-22.6082	-18.818	-13.1904
10	1362.49	120.67*	36	0.000	2.9e-17	-23.1742*	-18.9705	-12.7289

Endogenous InconsumoW Intemp Inchuvas Intarifa Inrenda Ineconomias
Exogenous cons

Fonte: Dados extraídos do Stata

Com a estimação do VAR, com os sinais dos coeficientes gerados se evidencia a hipótese básico do estudo, de acordo com a TABELA 81, ainda que com um nível razoável de confiança. Cabe ressaltar o efeito significativo da temperatura, que impacta no mês subsequente o consumo de água de forma positiva.

TABELA 81 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE

Sample 2010m2 - 2017m12			Number of obs = 95		
Log likelihood	=	1048.877	AIC	=	-21.19742
FPE	=	2.51e-17	HQIC	=	-20.74118
Det(Sigma ml)	=	1.04e-17	SBIC	=	-20.06833

Equation	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
InconsumoW	7	.047341	0.7202	244.5082	0.0000
Intemp	7	.09694	0.6036	144.6371	0.0000
Inchuvas	7	.99458	0.1509	16.8871	0.0097
Intarifa	7	.031421	0.9855	6464.985	0.0000
Inrenda	7	.054463	0.7250	250.4776	0.0000
Ineconomias	7	.001108	0.9998	497996.9	0.0000

	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
<i>InconsumoW</i>						
InconsumoW						
L1.	.0432962	.1446712	0.30	0.765	-.2402541	.3268466
Intemp						
L1.	.3041033	.0587556	5.18	0.000	.1889446	.4192621
Inchuvas						
L1.	-.0117748	.0049067	-2.40	0.016	-.0213918	-.0021577
Intarifa						
L1.	-.07772	.0789369	-0.98	0.325	-.2324335	.0769935
Inrenda						
L1.	-.0364792	.0815324	-0.45	0.655	-.1962798	.1233213
Ineconomias						
L1.	1.008755	.2472411	4.08	0.000	.5241712	1.493338
cons	1.383772	3.35691	0.41	0.680	-5.195651	7.963194

Fonte: Dados extraídos do Stata

Para colaborar com a estimativas acima, o teste de causalidade de Granger (TABELA 82), reforça os resultados obtidos, dado que pelo este exposto, pode-se considerar que a temperatura tem efeito de causalidade no consumo, assim como a chuva.

TABELA 82 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE

Equação	Excluída	chi2	df	Prob > chi2
InconsumoW	Intemp	26.788	1	0.000
InconsumoW	Inchuvas	57.586	1	0.016
InconsumoW	Intarifa	0.96941	1	0.325
InconsumoW	Inrenda	0.20018	1	0.655
InconsumoW	Ineconomias	16.647	1	0.000
InconsumoW	ALL	50.799	5	0.000

Fonte: Elaboração do autor

Para a análise da qualidade dos resíduos, com a estimação dos testes LM e Jarque-Bera, as premissas de ausência de autocorrelação e distribuição normal dos erros foi atingida.

TABELA 83 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE

Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
InconsumoW	1.550	2	0.46072	1	67.8311	36	0.00104
Intemp	1.237	2	0.53870	2	40.4445	36	0.28043
Inchuvas	29.576	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
Intarifa	349.377	2	0.00000				
Inrenda	2.790	2	0.24778				
Ineconomias	110.786	2	0.00000				
ALL	495.317	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata

4.9.4 Estimação do modelo VEC

Com a estimação do VAR definida, a metodologia do VEC é realizada, primeiramente com o teste de cointegração de Johansen, para definir os rank da estimação do VEC, como demonstra a TABELA 84:

TABELA 84 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE

Johansen tests for cointegration						
Trend constant				Number of obs = 91		
Sample: 2010m6 - 2017m12				Lags	=	5
maximum				trace	5% critical	1% critical
rank	parms	LL	eigenvalue	statistic	value	value
0	150	1077.612		165.5547	94.15	103.18
1	161	1116.0015	0.56989	88.7757	68.52	76.07
2	170	1135.4184	0.34737	49.9419*1	47.21	54.46
3	177	1148.6597	0.25250	23.4593*5	29.68	35.65
4	182	1156.8907	0.16548	6.9973	15.41	20.04
5	185	1160.3698	0.07361	0.0391	3.76	6.65
6	186	1160.3893	0.00043			

Fonte: Dados extraídos do Stata

O teste de cointegração com o nível de 5% define a estimação com o rank 3. Com a estimação do VEC e analisando os resultados da equação demonstra na TABELA 85, pode estimar que com um grau de confiança estatística, apenas a quantidade de economias possui um impacto de longo prazo na Mesorregião Oeste do Paraná.

TABELA 85 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE

Johansen normalization restrictions imposed						
beta	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
InconsumoW	1	.	.	.	.	.
Intemp	-8.33e-17	.	.	.	.	.
Inchuvas	3.47e-18	.	.	.	.	.
Intarifa	.0121652	.1265593	0.10	0.923	-.2358866	.2602169
Inrenda	-.0798449	.1163946	-0.69	0.493	-.3079741	.1482844
Ineconomias	-.7508924	.422239	-1.78	0.075	-1.578466	.0766808
cons	-4.381369	.	.	.	.	.

Fonte: Dados extraídos do Stata

Para a avaliação da qualidade dos resíduos foram realizados os testes dos resíduos LM e Jarque-Bera, a série dos dados estimados assim como no VAR atendem as premissas dos resíduos com distribuição normal e ausência de autocorrelação, conforme a TABELA 86.

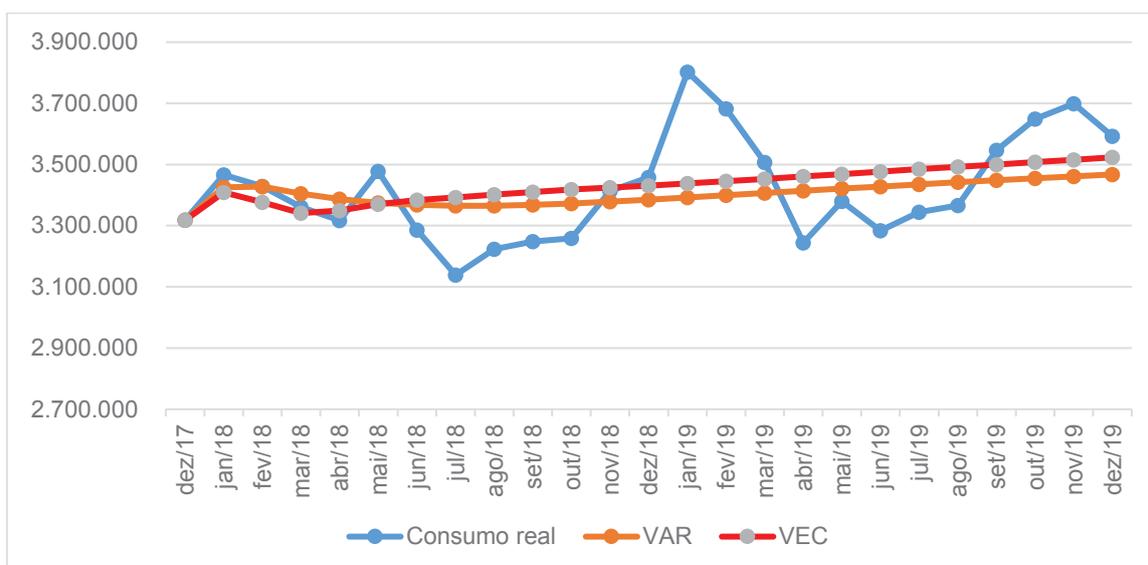
TABELA 86 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE

Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
D InconsumoW	0.977	2	0.61341	1	61.6345	36	0.00494
D Intemp	1.273	2	0.52907	2	57.1987	36	0.01377
D Inchuvas	14.568	2	0.00069	H0 no autocorrelation at lag order			
D Intarifa	355.710	2	0.00000				
D Inrenda	5.797	2	0.05510				
D Ineconomias	29.395	2	0.00000				
ALL	407.721	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata

4.9.5 Análise dos resultados em relação ao consumo real

A partir da estimação dos modelos VAR e VEC, foram realizadas as previsões do consumo de água mensal para os anos de 2018 a 2019, como se pode verificar no GRÁFICO 16.

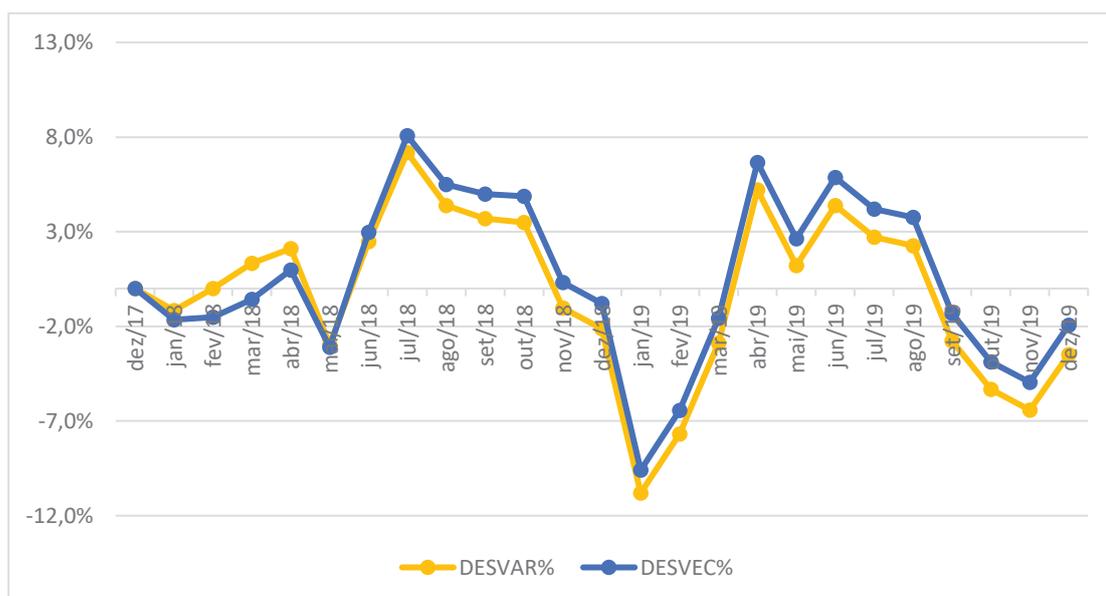


Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

Dado os resultados estimados, se pode analisar que o VEC superestimou a previsão em relação ao VAR. Os resultados acumulados do consumo real de água foram de 82.172.025 m³, para o VAR de 81.789.675m³, com um desvio de - 0,5% e para o VEC de 82.471.596 m³, sendo o desvio de 0,4% em relação ao realizado.

Com objetivo de escolher o modelo mais adequado para a estimação do consumo de água residencial, primeiramente se analisa graficamente os desvios dos modelos VAR e VEC em relação ao consumo real, conforme o GRÁFICO 17. Na sequência são calculados o MAE do VAR de -0,2% e para o VEC o resultado de 0,5%.

GRÁFICO 17 – ANÁLISE DOS DESVIOS DOS MODELOS



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

Com esses resultados para a Mesorregião Oeste do Paraná, se considera mais adequado a utilização do VAR para a estimação de médio prazo do consumo de água para as economias residenciais.

4.10 ESTIMAÇÃO DO MODELO PARA A MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE

4.10.1 Análise Descritiva dos Dados

Para a elaboração da base de dados da Mesorregião Sudeste Paranaense, e com a premissa da seleção dos municípios com mais de 20 mil habitantes, foram selecionadas cinco cidades. Em relação a população em 2018, se destaca nesta mesorregião os municípios de União da Vitória e Irati, conforme a TABELA 87.

TABELA 87 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018

Município	População Urbana	Economias Residenciais	Volume Medido de Água
Imbituva	20.229	7.906	783.935
Irati	48.250	17.765	1.781.983
Prudentópolis	23.922	9.476	925.808
São Mateus do Sul	28.540	9.469	1.059.673
União da Vitória	54.131	18.821	2.111.439

Fonte: Elaboração do autor

Com a seleção dos municípios definida pelo critério da quantidade de população, foi realizada um teste simples com a análise descritiva da amostra na TABELA 88, onde se ressalta que a média da temperatura entre os anos de 2010 a 2018, foi próxima a região leste de Estado do Paraná, podendo se inferir que é uma região mais fria, em relação ao norte do estado, dado que a média da temperatura no mesmo período ficou acima dos 20 graus.

TABELA 88 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE PERÍODO DE 2010 A 2018

Variáveis	Obs	Média	Desvio padrão	Min	Max
Demanda água	108	526054	39353	425785	637219
Temperatura	108	17.49	3.106	11.21	22.23
Precipitação	108	144.3	75.20	3.642	349.7
Renda média	108	1.655e+06	171611	1.350e+06	2.166e+06
Tarifa média	108	2.922	0.945	1.729	4.734
Economias	108	57321	4097	50048	63437

Fonte: Elaboração do autor

4.10.2 Verificação da estacionariedade das séries

Dando o prosseguimento na metodologia foi realizado o teste para a verificação da estacionariedade da amostra, e conforme descrito na TABELA 89 abaixo, é possível considerar que na primeira defasagem a condição de estacionariedade foi atendida.

TABELA 89 – TESTE ADF – MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE

Variável	Termos na equação	Número de Defasagens	Estatística de teste	MacKinnon approximate p-value for Z(t)	Valor Crítico * 1% ***10%
InconsumoW	Constante e Tendência	1	-4.220	0.0042	-4.053*
Intemp	Constante e Tendência	1	-5.863	0.0000	-4.053*
Inchuvas	Constante e Tendência	1	-6.868	0.0000	-4.053*
Inrenda	Constante e Tendência	1	-5.442	0.0000	-4.053*
Intarifa	Constante e Tendência	1	-3.352	0.0582	-3.154***
Ineconomias	Sem Constante	0	13.415	0.0000	-2.602 *

Fonte: Elaboração do autor

4.10.3 Estimação do modelo VAR

Com as premissas do teste ADF atendida, foi aplicado a modelo de seleção dos critérios de defasagens, e seguindo os pontos identificados pelos HQIC e SBIC, conforme a TABELA 90, foi considerado para a estimação do VAR uma defasagem.

TABELA 90 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE

Selection-order criteria								
Sample: 2010m11 - 2017m12					Number of obs = 86			
lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	445.75				1.5e-12	-10.2267	-10.1578	-10.0555
1	937.536	983.57	36	0.000	3.6e-17	-20.8264	-20.344*	-19.6278*
2	976.482	77.892	36	0.000	3.4e-17	-20.8949	-19.9991	-18.6689
3	1024.34	95.726	36	0.000	2.7e-17	-21.1708	-19.8615	-17.9174
4	1065.83	82.962	36	0.000	2.5e-17	-21.2983	-19.5754	-17.0174
5	1098.52	65.38	36	0.002	3.0e-17	-21.2213	-19.085	-15.9131
6	1133.6	70.168	36	0.001	3.6e-17	-21.2	-18.6502	-14.8644
7	1200.49	133.78	36	0.000	2.2e-17*	-21.9184	-18.9551	-14.5554
8	1248.05	95.114	36	0.000	2.4e-17	-22.1872	-18.8104	-13.7968
9	1291.39	86.676	36	0.000	3.2e-17	-22.3579	-18.5676	-12.94
10	1366.35	149.92*	36	0.000	2.6e-17	-23.2638*	-19.0601	-12.8186
Endogenous	InconsumoW	Intemp	Inchuvas	Intarifa	Inrenda	Ineconomias		
Exogenous	cons							

Fonte: Dados extraídos do Stata

Com a seleção das defasagens definida, foi calculado o VAR para a amostra da Mesorregião Sudeste Paranaense, conforme a TABELA 91. Os resultados dos coeficientes em relação aos sinais esperados, confirmam a hipótese inicial do

estudo. Como impacto com relevância significativa a temperatura tem um efeito no mês posterior ao aumento da temperatura.

TABELA 91 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE

Sample 2010m2 - 2017m12			Number of obs = 95		
Log likelihood	=	1037.372	AIC	=	-20.9552
FPE	=	3.20e-17	HQIC	=	-20.49896
Det(Sigma ml)	=	1.32e-17	SBIC	=	-19.82611

Equation	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
InconsumoW	7	.046267	0.6561	181.2128	0.0000
Intemp	7	.111908	0.6689	191.9329	0.0000
Inchuvas	7	.651332	0.1585	17.89447	0.0065
Intarifa	7	.032381	0.9860	6681.242	0.0000
Inrenda	7	.053085	0.7388	268.6442	0.0000
Ineconomias	7	.001582	0.9995	182579.7	0.0000

	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
<i>InconsumoW</i>						
InconsumoW						
L1.	.0033708	.1391439	0.02	0.981	-.2693463	.2760879
Intemp						
L1.	.1935676	.0386304	5.01	0.000	.1178535	.2692817
Inchuvas						
L1.	-.0100698	.0070986	-1.42	0.156	-.0239827	.0038431
Intarifa						
L1.	-.114261	.0648429	-1.76	0.078	-.2413507	.0128288
Inrenda						
L1.	.0591551	.0868025	0.68	0.496	-.1109747	.2292848
Ineconomias						
L1.	1.072051	.2547334	4.21	0.000	.5727826	1.571319
cons	.1506195	2.8354	0.05	0.958	-5.406663	5.707902

Fonte: Dados extraídos do Stata

E com o teste de causalidade de Granger, se reforça a análise quanto a estimação do modelo VAR para o coeficiente de temperatura, onde o valor calculado da estatística é maior que o valor crítico, demonstrando que se pode afirmar com certo grau de confiança que a temperatura tem relação de causalidade com o consumo de água residencial.

TABELA 92 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE

Equação	Excluída	chi2	df	Prob > chi2
InconsumoW	Intemp	25.108	1	0.000
InconsumoW	Inchuvas	2.0123	1	0.156
InconsumoW	Intarifa	3.1051	1	0.078
InconsumoW	Inrenda	0.46443	1	0.496
InconsumoW	Ineconomias	17.712	1	0.000
InconsumoW	ALL	49.125	5	0.000

Fonte: Elaboração do autor

Para verificar a aderência dos resíduos do método VAR os testes LM e Jarque-bera foram realizados onde se verifica o atendimento dos requisitos de ausência de autocorrelação e distribuição normal dos erros, conforme demonstrado na TABELA 93.

TABELA 93 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE

Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
InconsumoW	2.377	2	0.30461	1	68.3740	36	0.00090
Intemp	5.209	2	0.07393	2	51.9118	36	0.04183
Inchuvas	74.209	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
Intarifa	225.420	2	0.00000				
Inrenda	1.240	2	0.53806				
Ineconomias	109.956	2	0.00000				
ALL	418.411	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata

4.10.4 Estimação do modelo VEC

Para realizar a análise do vetor de longo prazo da amostra, foi calculado o VEC para a amostra dos dados, de início foi realizado o teste de cointegração de Johansen, na TABELA 94, para a análise da seleção do rank para a estimação do modelo inicial.

TABELA 94 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE

Johansen tests for cointegration						
Trend constant				Number of obs = 91		
Sample: 2010m6 - 2017m12				Lags	=	5
maximum				trace	5% critical	1% critical
rank	parms	LL	eigenvalue	statistic	value	value
0	150	1067.5033		179.0693	94.15	103.18
1	161	1111.113	0.61652	91.8498	68.52	76.07
2	170	1130.5634	0.34785	52.9490*1	47.21	54.46
3	177	1143.8996	0.25405	26.2767*5	29.68	35.65
4	182	1153.6963	0.19371	6.6833	15.41	20.04
5	185	1155.9103	0.04750	2.2552	3.76	6.65
6	186	1157.0379	0.02448			

Fonte: Dados extraídos do Stata

Com os resultados apresentados no teste de cointegração foi selecionado o rank 3, para a estimação do VEC, como será apresentado na TABELA 95 na sequência. Com o resultado do VEC pode se considerar que há uma relação de longo prazo principalmente para a renda, entretanto com um efeito negativo, que pode indicar uma mudança de perfil da população, ou a utilização de outras fontes para o consumo residencial, como poços artesianos.

TABELA 95 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE

Johansen normalization restrictions imposed						
beta	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
InconsumoW	1	.	.	.	.	.
Intemp	5.55e-17	.	.	.	.	.
Inchuvas	0	(omitted)				
Intarifa	-.2388174	.11037	-2.16	0.030	-.4551385	-.0224962
Inrenda	-1.314397	.1220797	-10.77	0.000	-1.553669	-1.075126
Ineconomias	1.649801	.4447333	3.71	0.000	.7781398	2.521462
cons	-12.20048	.	.	.	.	.

Fonte: Dados extraídos do Stata

Para testar a qualidade dos resíduos do modelo VEC também foram realizados os testes LM e Jarque-Bera, que assim como os resultados do VAR para esta amostra também satisfizeram as premissas de não autocorrelação e distribuição normal dos erros.

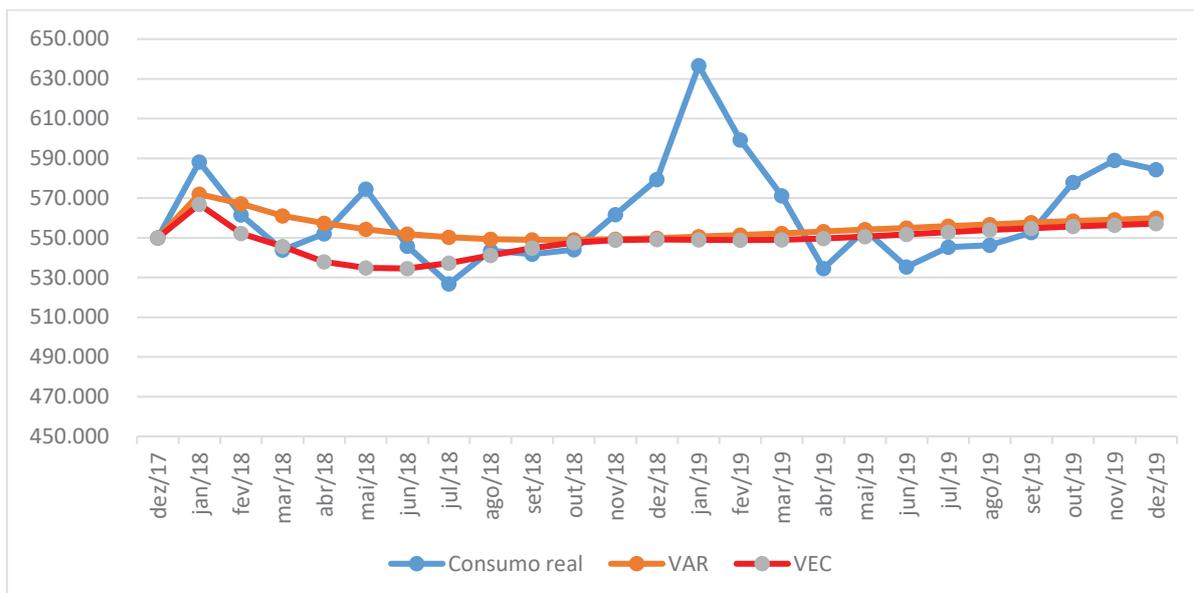
TABELA 96 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE

Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
D InconsumoW	1.452	2	0.48386	1	66.0040	36	0.00167
D Intemp	2.574	2	0.27603	2	57.9715	36	0.01158
D Inchuvas	99.066	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
D Intarifa	126.134	2	0.00000				
D Inrenda	4.632	2	0.09869				
D Ineconomias	76.714	2	0.00000				
ALL	310.573	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata

4.10.5 Análise dos resultados em relação ao consumo real

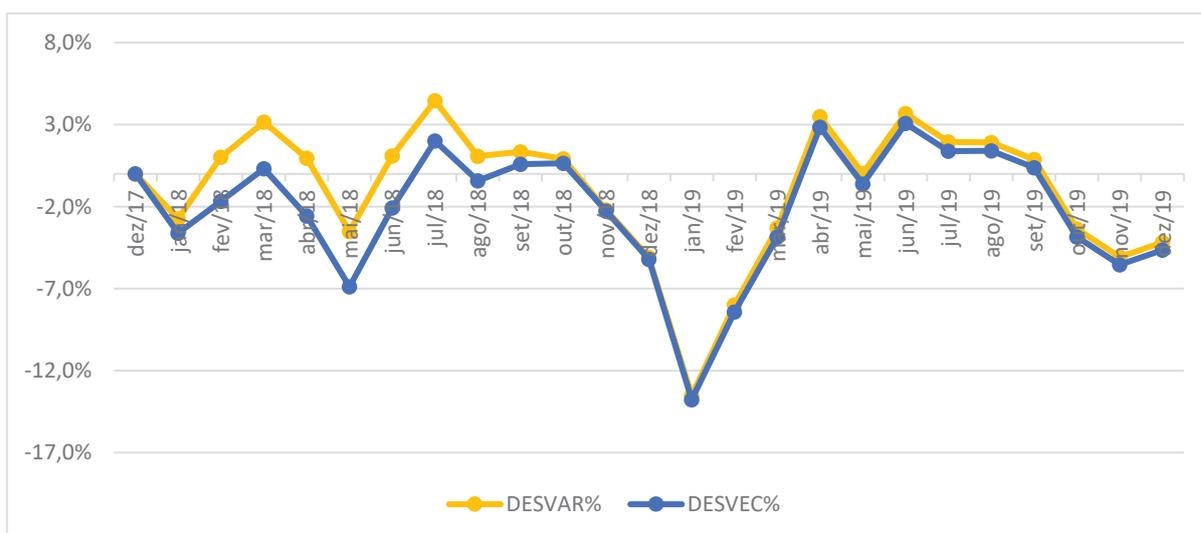
Finalizados as estimações dos métodos VAR e VEC é verificado a análise das projeções em comparação ao consumo real de água para as residências, para o período de 2018 e 2019, com abrangência mensal. O consumo de água real acumulado para os 24 meses foi de 13.489.051 m³, sendo o método VAR chegou a um consumo estimado acumulado de 13.324.440 m³, para o VEC os resultados calculados foram de 13.170.565 m³, considerando desvios absolutos de -1,2% e -2,4% respectivamente. O GRÁFICO 18, demonstra a série no tempo de 24 meses.



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

A partir dos desvios das previsões em relação ao consumo real, o cálculo das médias dos desvios foi realizado, assim como a plotagem dos erros em relação ao tempo, como evidencia o GRÁFICO 18. O resultado da MAE do VAR é de -1%, contra -2,1% do VEC. Com isso considerando tanto o desvio absoluto quanto a média dos desvios, pode se considerar que o modelo VAR se mostrou mais aderente aos dados da Mesorregião Sudeste Paranaense.

GRÁFICO 19 – ANÁLISE DOS DESVIOS DOS MODELOS



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

4.11.1 Análise Descritiva dos Dados

Seguindo toda a metodologia apresentada no capítulo 3, foram selecionados para a Mesorregião Sudoeste Paranaense os municípios com mais de 20 mil habitantes em 2018, segundo o IBGE, sendo eles: Dois Vizinhos, Pato Branco e Francisco Beltrão, conforme a TABELA 97.

TABELA 97 – MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE COM MAIS DE 20 MIL HABITANTES EM 2018

Município	População Urbana	Economias Residenciais	Volume Medido de Água
Dois Vizinhos	31.244	13.053	1.477.363
Francisco Beltrão	76.847	30.516	3.535.145
Pato Branco	77.051	32.275	3.664.025

Fonte: Elaboração do autor

Com a amostra da mesorregião transformada em seu logaritmo natural, foi realizado um teste para análise descritiva da série entre o período de 2010 até 2018, TABELA 98, os resultados apresentaram uma média de temperatura em torno dos 19 graus, e chuvas em torno dos 168 mm.

TABELA 98 – ANÁLISE DESCRITIVA DA MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE PERÍODO DE 2010 A 2018

Variáveis	Obs	Média	Desvio padrão	Min	Max
Demanda água	108	648038	67327	484691	770377
Temperatura	108	19.37	3.166	12.39	24.12
Precipitação	108	168.8	95.12	1.234	425.7
Renda média	108	1.655e+06	171611	1.350e+06	2.166e+06
Tarifa média	108	3.028	0.965	1.760	4.816
Economias	108	64598	6948	52199	75844

Fonte: Elaboração do autor

4.11.2 Verificação da estacionariedade das séries

Com os dados preparados, foi realizado o teste para a verificação da estacionariedade da amostra, com a aplicação do teste ADF-aumentado, conforme descrito na TABELA 99. Os resultados apresentados pela estatística de teste, seguem a hipótese que considerando a primeira diferença a série temporal atende o requisito de estacionariedade.

TABELA 99 – TESTE ADF – MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE

Variável	Termos na equação	Número de Defasagens	Estatística de teste	MacKinnon approximate p-value for Z(t)	Valor Crítico * 1% **5%
InconsumoW	Constante e Tendência	1	-4.406	0.0021	-4.053*
Intemp	Constante e Tendência	1	-5.009	0.0002	-4.053*
Inchuvas	Constante e Tendência	1	-6.520	0.0000	-4.053*
Inrenda	Constante e Tendência	1	-5.442	0.0000	-4.053*
Intarifa	Constante e Tendência	1	-3.657	0.0253	-3.456**
Ineconomias	Sem Constante	0	27.509	0.0000	-2.602 *

Fonte: Elaboração do autor

4.11.3 Estimação do modelo VAR

O passo seguinte para a construção da métrica do VAR, é realizado uma pré-estimação para a definição do número de defasagens, onde se aplicam os testes para definição dos critérios de quantidades de defasagens, já mencionados, sendo que os resultados são demonstrados na TABELA 100 abaixo:

TABELA 100 – SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS DA SÉRIE – MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE

Selection-order criteria								
Sample: 2010m11 - 2017m12					Number of obs = 86			
lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	422.69				2.5e-12	-9.69047	-9.62156	-9.51924
1	965.212	1085	36	0.000	1.9e-17	-21.47	-20.9876*	-20.2714*
2	1000.32	70.222	36	0.001	2.0e-17	-21.4494	-20.5535	-19.2233
3	1043.27	85.898	36	0.000	1.7e-17*	-21.611	-20.3016	-18.3575
4	1077.39	68.235	36	0.001	1.9e-17	-21.5672	-19.8444	-17.2864
5	1102.31	49.836	36	0.062	2.7e-17	-21.3095	-19.1732	-16.0012
6	1127.9	51.185	36	0.048	4.1e-17	-21.0674	-18.5176	-14.7318
7	1174.48	93.155	36	0.000	4.0e-17	-21.3134	-18.3501	-13.9504
8	1223.55	98.15	36	0.000	4.2e-17	-21.6175	-18.2407	-13.2271
9	1262.25	77.4	36	0.000	6.4e-17	-21.6803	-17.89	-12.2624
10	1321.92	119.33*	36	0.000	7.4e-17	-22.2306*	-18.0269	-11.7854

Endogenous InconsumoW Intemp Inchuvas Intarifa Inrenda Ineconomias
Exogenous cons

Fonte: Dados extraídos do Stata

Seguindo o critério de escolha para a definição das defasagens os resultados sugerem a aplicação de apenas uma defasagem, conforme os critérios HQIC e SBIC, assim é possível estimar o modelo VAR, conforme a TABELA 101 a seguir:

TABELA 101 – ESTIMAÇÃO PELO VAR – MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE

Sample 2010m2 - 2017m12			Number of obs = 95		
Log likelihood	=	1070.33	AIC	=	-21.64906
FPE	=	1.60e-17	HQIC	=	-21.19282
Det(Sigma ml)	=	6.59e-18	SBIC	=	-20.51997

Equation	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
InconsumoW	7	.043491	0.8363	485.3204	0.0000
Intemp	7	.109027	0.6168	152.9133	0.0000
Inchuvas	7	.781467	0.2072	24.83464	0.0004
Intarifa	7	.031968	0.9869	7154.239	0.0000
Inrenda	7	.052699	0.7425	273.9853	0.0000
Ineconomias	7	.001046	0.9999	915782.5	0.0000

	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
<i>InconsumoW</i>						
InconsumoW						
L1.	-.1302111	.1393271	-0.93	0.350	-.4032872	.142865
Intemp						
L1.	.2515983	.0424135	5.93	0.000	.1684693	.3347274
Inchuvas						
L1.	-.0088698	.0053983	-1.64	0.100	-.0194504	.0017107
Intarifa						
L1.	-.1748813	.0752849	-2.32	0.020	-.322437	-.0273256
Inrenda						
L1.	.0906891	.0768902	1.18	0.238	-.0600128	.2413911
Ineconomias						
L1.	1.376026	.215062	6.40	0.000	.9545119	1.79754
cons						
	-1.923644	2.297929	-0.84	0.403	-6.427503	2.580215

Fonte: Dados extraídos do Stata

Com os dados calculados pelo método VAR, os sinais esperados dos coeficientes de determinação vão ao encontro da hipótese inicial do estudo. O fator estatístico de maior relevância para explicar o consumo residencial de água é a temperatura, que possui um efeito para o mês subsequente, e após o consumo volta à normalidade, como demonstra a equação da TABELA 101, acima.

Em seguida para colaborar com a equação do modelo VAR apresentada, é realizado o teste de causalidade de Granger, sendo os resultados deste teste apresentados na TABELA 102. Os resultados para o teste de causalidade, indicam que tanto a temperatura, tarifa e a quantidade de economias, possuem uma relação de causalidade para o consumo residencial de água.

TABELA 102 – TESTE CAUSALIDADE DE GRANGER – MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE

Equação	Excluída	chi2	df	Prob > chi2
InconsumoW	Intemp	35.189	1	0.000
InconsumoW	Inchuvas	26.997	1	0.100

InconsumoW	Intarifa	5.396	1	0.020
InconsumoW	Inrenda	1.3911	1	0.238
InconsumoW	Ineconomias	40938	1	0.000
InconsumoW	ALL	78.35	5	0.000

Fonte: Elaboração do autor

Concluídos os testes para a estimação do VAR, o passo seguinte é a análise dos resíduos para a verificação da presença de autocorrelação ou da não distribuição normal dos erros. Os resultados, conforme a TABELA 103 abaixo, demonstram que para os testes LM e Jarque-Bera, não foi possível identificar os problemas de estimação para os resíduos.

TABELA 103 – TESTE DOS RESÍDUOS – MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE

Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
InconsumoW	1.523	2	0.46693	1	58.4286	36	0.01044
Intemp	6.709	2	0.03493	2	47.0277	36	0.10323
Inchuvas	163.384	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
Intarifa	225.687	2	0.00000				
Inrenda	2.861	2	0.23917				
Ineconomias	0.622	2	0.73261				
ALL	400.787	12	0.00000				

Fonte: Dados extraídos do Stata

4.11.4 Estimação do modelo VEC

Por fim, com a modelagem do VAR definida, é realizada a métrica para a estimação do VEC. Inicialmente é realizado o teste de cointegração de Johansen, conforme TABELA 104 abaixo.

TABELA 104 – TESTE DE COINTEGRAÇÃO – MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE

Johansen tests for cointegration						
Trend constant				Number of obs = 90		
Sample: 2010m6 - 2017m12				Lags	=	5
maximum				trace	5% critical	1% critical
rank	parms	LL	eigenvalue	statistic	value	value
0	150	1087.3248		152.2455	94.15	103.18
1	161	1124.1741	0.55509	78.5470	68.52	76.07
2	170	1140.4991	0.30148	45.8971*1*5	47.21	54.46
3	177	1150.788	0.20239	25.3193	29.68	35.65
4	182	1157.9239	0.14515	11.0473	15.41	20.04
5	185	1162.7208	0.10006	1.4535	3.76	6.65
6	186	1163.4476	0.01585			

Fonte: Dados extraídos do Stata

Com os resultados apresentados pela cointegração de Johansen ao nível crítico de 5%, será considerado o rank 2 para a estimação do modelo VEC.

Com a aplicação do VEC, para a análise do fator de longo prazo das variáveis, pode ser verificar, com os resultados da TABELA 105, que as variáveis de tarifa, renda e quantidade de economias, tem valor estatístico relevante, o que pode significar uma relação de longo prazo com o consumo residencial de água.

TABELA 105 – ESTIMAÇÃO PELO VEC – MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE

Johansen normalization restrictions imposed						
beta	Coef.	Std.Err.	z	P>|z|	95% Conf.	Interval
InconsumoW	1	.	.	.	.	.
Intemp	0	(omitted)				
Inchuvas	.2233719	.1381939	1.62	0.106	-.0474832	.494227
Intarifa	6.149997	1.469288	4.19	0.000	3.270246	9.029749
Inrenda	8.38291	1.25024	6.71	0.000	5.932485	10.83333
Ineconomias	-25.12382	4.123182	-6.09	0.000	-33.20511	-17.04253
cons	137.3087	.	.	.	.	.

Fonte: Dados extraídos do Stata

Ainda em relação aos coeficientes do VEC, o sinal negativo da quantidade de economias, pode evidenciar uma mudança de comportamento da população da Mesorregião Sudoeste Paranaense, ou uma migração das residências para fonte alternativa de abastecimento de água.

E finalizando a metodologia para a métrica do VEC é realizado os testes para analisar a qualidade dos erros da estimação do modelo. E conforme o teste LM não foi possível verificar a autocorrelação, e pelo teste Jarque-Bera, também não foi possível identificar a distribuição fora do padrão normal para os resíduos, conforme os resultados apresentados na TABELA 106.

TABELA 106 – TESTE DOS RESÍDUOS DO VEC – MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE

Jarque-Bera test				Lagrange-multiplier test			
Equation	chi2	df	Prob>chi2	lag	chi2	df	Prob>chi2
D InconsumoW	1.109	2	0.57422	1	74.7145	36	0.00016
D Intemp	0.487	2	0.78397	2	44.7722	36	0.14981
D Inchuvas	103.104	2	0.00000	H0 no autocorrelation at lag order			
D Intarifa	301.223	2	0.00000				
D Inrenda	9.910	2	0.00705				
D Ineconomias	0.866	2	0.64845				
ALL	416.700	12	0.00000				

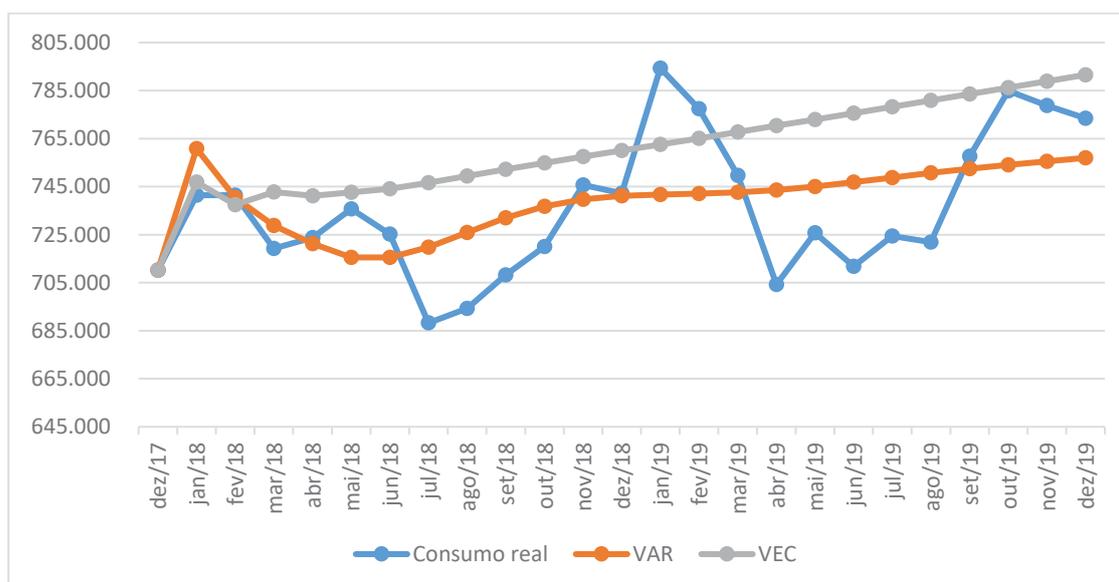
Fonte: Dados extraídos do Stata

4.11.5 Análise dos resultados em relação ao consumo real

Com os modelos VAR e VEC ajustados, foram realizadas as projeções do consumo de água residencial, para os 24 meses subsequentes, o que abrange os anos de 2018 e 2019.

Neste período, o consumo real acumulado foi de 13.489.051 m³, sendo que para as estimativas do VAR o consumo acumulado foi de 13.324.440 m³, ou seja, um desvio absoluto de -1,2%. Para as estimativas do VEC, o consumo acumulado atingiu o valor de 13.170.565 m³, ou -2,4% de desvio. A serie temporal considerando as previsões bem como do consumo real, estão apresentados no GRÁFICO 20, a seguir.

GRÁFICO 20 – ANÁLISE DA PROJEÇÃO DO CONSUMO DE 2018 A 2019

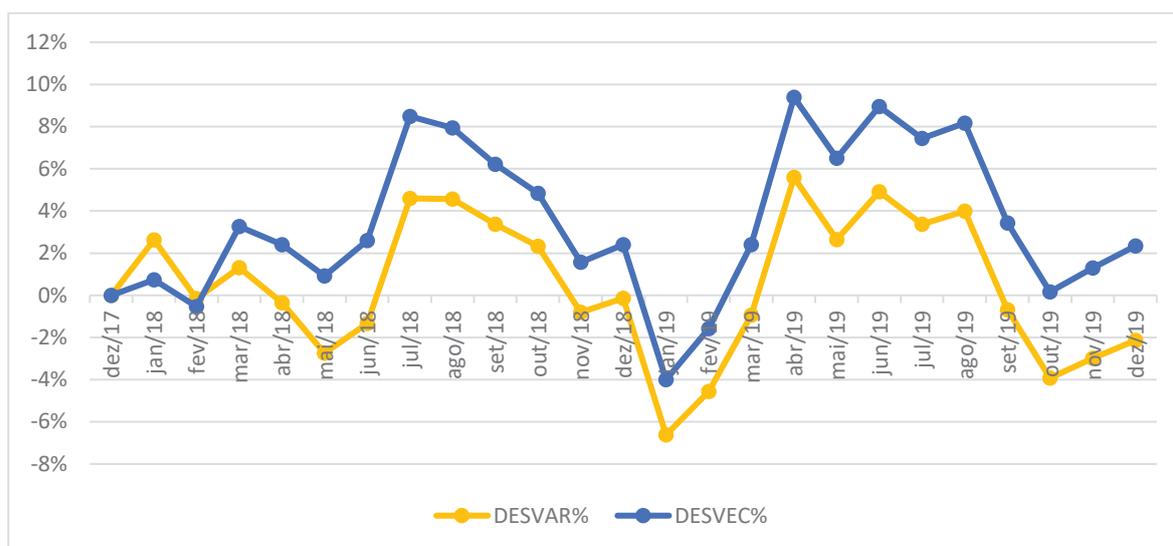


Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

Para a mesorregião em questão, é possível observar que o modelo VEC, conseguiu uma certa aderência para os dados de pico, como, em muitos casos, são principalmente no verão.

Após a análise dos valores absolutos, foi analisado os erros das previsões em relação ao consumo real, conforme o GRÁFICO 21 abaixo. O resultado do MAE para o VAR foi de -1%, e para o MAE do VEC o resultado foi de -2%. Assim, analisando tanto pelo critério absoluto tanto para o critério do MAE, se conclui que o VAR teve as melhores estimativas para a previsão da demanda residencial de água para Mesorregião Sudoeste do Paraná.

GRÁFICO 21 – ANÁLISE DOS DESVIOS DOS MODELOS



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

4.12 MODELO GERAL PARA O ESTADO PARANÁ

Com a estimação dos modelos em todas as mesorregiões do Estado do Paraná, o propósito do trabalho foi a de propor um modelo geral de previsão da demanda de água para o Paraná, considerando as características de cada mesorregião, para o médio prazo (quatro anos), lembrando que, para teste de adequação do modelo a previsão é efetuada para os próximos dois anos.

A tabela 107 na sequência, traz um resumo dos valores estimados pelos métodos VAR e VEC para cada mesorregião do escopo da pesquisa, onde é possível ter uma visão geral de cada variável considerada para a estimação do consumo residencial de água, conforme a equação básica proposta (3.3).

Analisando os dados apresentados, onde principalmente para a técnica do VAR, os resultados dos coeficientes encontrados para a variável de temperatura são significativos em todas as regiões, assim como a quantidade de economias, como fatores relevantes para a demanda de água nas residências, análise que também pode ser considerada para o impacto inverso nas chuvas acumuladas no consumo. Outra análise quando se verificar todas as mesorregiões estudadas é a adequada separação na mesorregião de Curitiba com o Litoral do Paraná, dado que os erros nas estimações do consumo foram acima de 15% nas duas modelagens (VAR e VEC), dado o impacto da sazonalidade principalmente no verão.

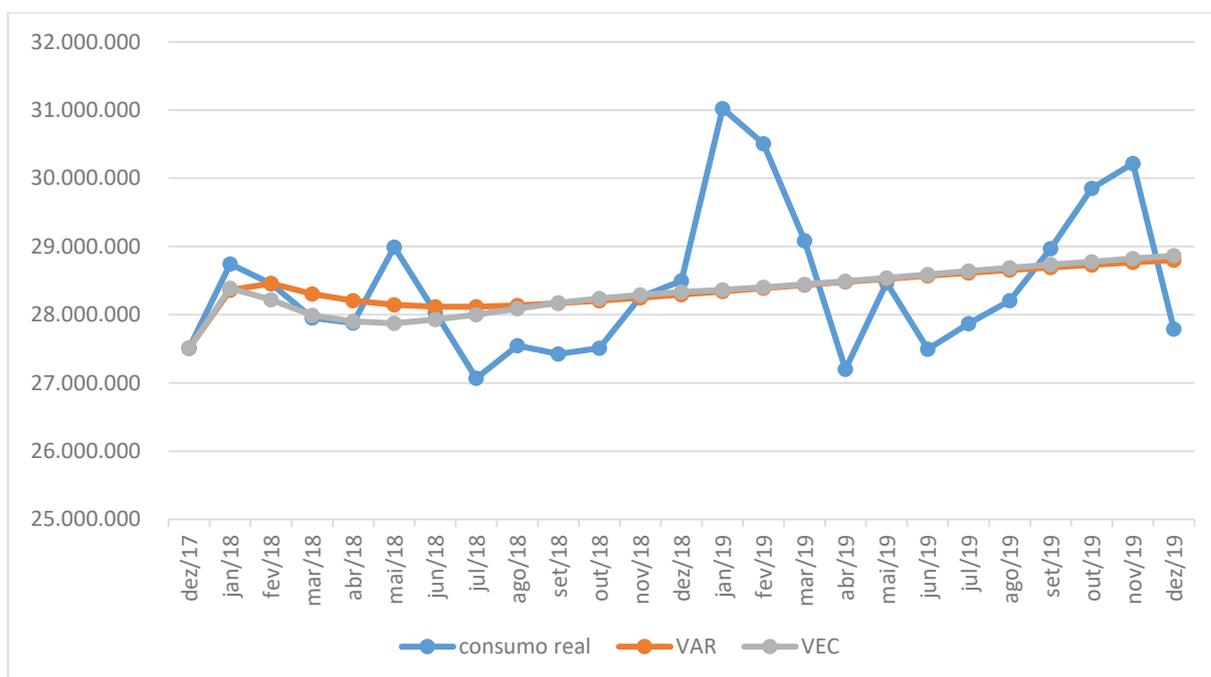
TABELA 107 – RESUMO DOS RESULTADOS DA ESTIMAÇÃO EM TODAS AS MESSORREGIÕES DO PARANÁ

ANÁLISE DOS RESULTADOS	Estimação / Testes	LnK (constante)		LnT (temperatura)		LnC (chuvas)		LnP (tarifa)		LnR (renda)		LnE (economias)		MAE	
		VAR	VEC	VAR	VEC	VAR	VEC	VAR	VEC	VAR	VEC	VAR	VEC	VAR	VEC
MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA	coeficientes	6,31	-16,52	0,704	6,94-e-13	-0,0095	5,20-e-13	-0,052	-0,182	0,135	-0,651	0,52	0,705	-	-
	z	2,54	0	2,85	0	-1,8	0	-1,04	-3,17	2,32	-11,97	3,04	3,6	-	-
	Causalidade de Granger (Prob > chi2)	-	-	0,004	-	0,072	-	0,299	-	0,021	-	0,002	-	-	-
	Previsões acumuladas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,60%	0,50%
MESORREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – LITORAL DO PARANÁ	coeficientes	-35,98	24,59	0,63	omitido	-0,017	-0,0091	-0,44	0,27	-0,194	-1,15	3,93	-1,92	-	-
	z	-1,94	0	2,48	-	-0,66	-0,32	-1,65	1,08	-0,43	-3,4	2,41	-1,29	-	-
	Causalidade de Granger (Prob > chi2)	-	-	0,099	-	0,664	-	0,51	-	0,013	-	0,012	-	-	-
	Previsões acumuladas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,30%	18,00%
MESORREGIÃO CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE	coeficientes	-6,14	-6,09	0,24	omitido	-0,012	-3,47-e-18	-0,302	-0,017	-0,0002	-0,317	1,54	-0,22	-	-
	z	-1,51	0	4,1	-	-2,72	0	-2,75	-0,11	0	-3,17	4,29	-0,42	-	-
	Causalidade de Granger (Prob > chi2)	-	-	0	-	0,007	-	0,006	-	0,998	-	0	-	-	-
	Previsões acumuladas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1,40%	-1,10%
MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL PARANAENSE	coeficientes	2,36	164	0,2	omitido	-0,104	1,091	-0,123	5,24	0,0197	7,08	0,872	-24,18	-	-
	z	0,69	0	4,58	-	-1,79	5,85	-1,59	2,93	0,27	4,98	3,48	-4,04	-	-
	Causalidade de Granger (Prob > chi2)	-	-	0	-	0,073	-	0,113	-	0,789	-	0	-	-	-
	Previsões acumuladas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1,40%	-1,00%
MESORREGIÃO CENTRO SUL PARANAENSE	coeficientes	-3,76	185,87	0,16	-1,11e-16	-0,0041	-2,78e-17	-0,149	4,12	-0,024	6,1	1,32	-25,82	-	-
	z	-0,82	0	3,7	0	-0,86	0	-1,62	3,15	-0,29	6,19	3,43	-4,48	-	-
	Causalidade de Granger (Prob > chi2)	-	-	0	-	0,388	-	0,105	-	0,77	-	0,001	-	-	-
	Previsões acumuladas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,10%	-1,30%
MESORREGIÃO NOROESTE PARANAENSE	coeficientes	-3,488	-8,21	0,252	-3,09e-18	-0,0194	2,01e-18	-0,225	-8,33e-17	-0,17	-2,08e-17	1,17	-0,497	-	-
	z	-1,000	0	4,02	0	-3,9	0	-2,54	-	-0,21	-	3,98	-4,36	-	-
	Causalidade de Granger (Prob > chi2)	-	-	0	-	0	-	0,011	-	0,831	-	0	-	-	-
	Previsões acumuladas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,50%	0,10%
MESORREGIÃO NORTE CENTRAL PARANAENSE	coeficientes	1,533	-	0,257	-	-0,019	-	-0,124	-	-0,006	-	0,916	-	-	-
	z	0,540	-	4,85	-	-4,32	-	-1,97	-	-0,09	-	4,2	-	-	-
	Causalidade de Granger (Prob > chi2)	-	-	0	-	0	-	0,049	-	0,931	-	0	-	-	-
	Previsões acumuladas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-3,00%	-
MESORREGIÃO NORTE PIONEIRO PARANAENSE	coeficientes	-10,39	-	0,296	-	-0,02	-	-0,29	-	0,017	-	1,991	-	-	-
	z	-1,460	-	4,82	-	-3,63	-	-2,72	-	0,21	-	3,22	-	-	-
	Causalidade de Granger (Prob > chi2)	-	-	0	-	0	-	0,007	-	0,835	-	0,001	-	-	-
	Previsões acumuladas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,70%	-
MESORREGIÃO OESTE PARANAENSE	coeficientes	1,38	-4,381	0,304	-3,33e-17	-0,0117	3,47e-18	-0,0777	0,012	-0,036	-0,0798	1,008	-0,75	-	-
	z	0,410	-	5,18	0	-2,4	0	-0,98	0,1	-0,45	-0,69	4,08	-1,78	-	-
	Causalidade de Granger (Prob > chi2)	-	-	0	-	0,016	-	0,325	-	0,655	-	0	-	-	-
	Previsões acumuladas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,20%	0,50%
MESORREGIÃO SUDESTE PARANAENSE	coeficientes	0,1506	-12,2	0,193	5,55e-17	-0,01	omitido	-0,114	-0,238	0,059	-1,314	1,072	1,649	-	-
	z	0,05	0	5,01	0	-1,42	-	-1,76	-2,16	0,68	-10,77	4,21	3,71	-	-
	Causalidade de Granger (Prob > chi2)	-	-	0	-	0,156	-	0,078	-	0,496	-	0	-	-	-
	Previsões acumuladas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1,20%	-2,40%
MESORREGIÃO SUDOESTE PARANAENSE	coeficientes	-1,923	137,81	0,251	0	-0,008	0,223	-0,175	6,15	0,091	8,38	1,38	-25,12	-	-
	z	-0,84	0	5,93	omitido	-1,64	1,62	-2,32	4,19	1,18	6,71	6,4	-6,09	-	-
	Causalidade de Granger (Prob > chi2)	-	-	0	-	0,1	-	0,02	-	0,238	-	0	-	-	-
	Previsões acumuladas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1,00%	-2,00%

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do Stata

Nesse sentido, todas as previsões para o consumo residencial de água para os anos de 2018 e 2019 foram somadas entre os valores realmente consumidos, as previsões pelo VAR e também pelo VEC, seguindo a metodologia aplicada até o momento. Salientado que para as mesorregiões Norte Central e Norte Pioneiro, onde não foi possível a estimação do VEC, nestes casos os valores previstos do VAR foram repetidos para o VEC. Considerando as previsões, os resultados para o modelo geral para o Estado, estão demonstrados no GRÁFICO 22 abaixo:

GRÁFICO 22 – PREVISÕES PARA OS ANOS DE 2018 E 2019



Fonte: Elaborado pelo autor com as previsões extraídos do Stata

Para o consumo real, considerando todos os municípios selecionados, os acumulados dos anos de 2018 e 2019 foi de 710.546.875m³, para o modelo VAR o resultado acumulado foi de 709.270.893m³, com um desvio absoluto de -0,2%. Para o VEC a previsão acumulada atingiu um valor de 708.302.264m³, sendo o desvio de -0,3%. Com a análise dos erros das previsões, o resultado do MAE para o VAR de -0,1% e do VEC de -0,2%, podem demonstrar a qualidade da previsão para os dois modelos.

Neste sentido, utilizando como padrão a mesma métrica para todas as mesorregiões o modelo VAR se mostrou mais assertivo em relação ao consumo residencial de água total. Entretanto, os dois modelos apresentados, de maneira geral, não foram capazes de capturar os movimentos de pico de consumo, que ocorrem principalmente no verão, com temperaturas mais quentes. Considerando o pico de

consumo de janeiro de 2019, a diferença entre a previsão do VAR e do consumo real de foi mais de 2,5 milhões de metros cúbicos de água, valor considerável em se tratando de capacidade de produção, mesmo que pulverizado em todo o Estado.

5. CONCLUSÃO

A presente dissertação trabalhou com o objetivo principal o de propor um modelo geral para o Estado de Paraná para a previsão da demanda residencial urbana de água para o médio prazo. Nesse sentido, os resultados alcançados pela aplicação das métricas do modelo econométrico do VAR e do VEC contribuíram para a verificação da relação do consumo residencial de água com as variáveis utilizadas no modelo apresentado, para as cidades com mais de 20 mil habitantes, que corresponde cerca de 80% da população urbana do Estado.

Dado a proposta do trabalho, é possível considerar que a metodologia econométrica do VAR e do VEC podem ser consideradas como adequadas para o estudo em questão, e também que o modelo proposto, pode-se ser usado para extrapolar para os demais municípios e chegar ao modelo do consumo de todo o Paraná para o médio prazo, dado que o resultado erro absoluto do período considerado a previsão pelo VAR para dois anos foi de 0,2%, contribuindo para o atingimentos dos objetivos específicos do trabalho que foi o de estudar a adequabilidade da metodologia e também o de propor um modelo geral para o Paraná.

Desta forma, a proposta de um modelo geral para o Estado do Paraná, pode contribuir para as políticas tarifárias conduzidas pela AGEPAR dado que quanto mais assertivo for as previsões do mercado de consumo de água tratada em relação ao realizado no período, mais baixa é tende a ser tarifa. Também, melhor tende a ser o planejamento dos recursos necessários para sua produção, com a visão de se obter a tarifa que remunere adequadamente o capital e os custos de produção, deixando claro, que o objetivo deste estudo não é de analisar os preços das tarifas praticadas.

Além de contribuir para a agência reguladora, a proposta inicial de estudos neste assunto, tem como ensejo o de contribuir para a elaboração de políticas públicas em relação aos serviços de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto, para a busca constante do uso cada vez mais eficiente dos recursos necessários para a produção de água, que conforme destacado no capítulo 2 é um recurso que

preocupa todo o cenário mundial dados a que vários locais estão em escassez hídrica, ou seja, pode ajudar no panorama das necessidades do Estado para o consumo de água, contribuindo para o melhor ajuste dos investimentos necessários para fazer frente a demanda em cada mesorregião do Paraná.

Além disso, a busca por um melhor entendimento das diferenças das diferenças da demanda de água nas regiões do Estado, nesse sentido, foi possível identificar pelo estudo das informações públicas, que os maiores desafios estão na relação da quantidade e da qualidade de água disponível que se concentram nas regiões do Paraná com a maior densidade populacional, como a Região Metropolitana de Curitiba, a Região Nordeste com destaque para os municípios de Londrina e Maringá e a Região Oeste com a relevância de Cascavel e Foz do Iguaçu.

Assim, dado os resultados alcançados pelas estimações, pode-se também contribuir para um melhor planejamento considerando toda a região para que as aplicações de recursos e esforços seja melhor direcionada pelos agentes públicos e privados para que os desafios de abastecer com água toda a região de maior densidade populacional possa ser mais assertiva.

Outro objetivo do trabalho, com a aplicação do modelo por mesorregião foi possível observar as diferenças entre as mesorregiões em relação as variáveis explicativas e seus impactos para o consumo residencial de água. As relações esperadas principalmente entre o consumo com as temperaturas médias com efeito positivo e o efeito negativo em relação ao impacto de um aumento nas chuvas. O impacto positivo da quantidade de economias corrobora com a análise de que regiões com maior densidade populacional, com um número maior de prédios residenciais tende a um efeito positivo no consumo.

Desta forma, outro resultado interessante da dissertação ter efetuado estimações por mesorregião, é que resultados com significância estatística se estenderam para as variáveis de temperatura e clima para as regiões mais quentes do Estado em relação as regiões com temperaturas médias mais amenas. Os resultados dessas análises vão ao encontro dos outros estudos já realizados por diversos autores.

Além do atendimento dos objetivos propostos pelo trabalho, foi que dado a maioria das equações do VAR foram estimadas considerando um mês de defasagem para a construção dos coeficientes e conseqüentemente para as previsões pode-se considerar as variações dos valores de temperatura, clima e quantidade de

economias sendo as mais significativas encontradas que os seus efeitos impactam em média no mês subsequente o consumo de água e depois voltando o consumo aos seus valores normais, o que pode contribuir para o entendimento das variáveis que podem impactar no consumo de água no Estado.

Dentro das dificuldades e limitações do modelo proposto se entende pela dificuldade na obtenção das informações da renda mais detalhada dos municípios, que neste trabalho foi usado um proxy, com um melhor detalhamento da renda outros coeficientes ou até mesmo coeficientes mais significativos podem ser melhor estimados nas mesorregiões estudadas. Também cabe ressaltar da necessidade de um melhor monitoramento em relação aos dados históricos de clima e temperatura, visto que em muitos casos somente para alguns municípios durante a construção da base de dados possuíam informações, principalmente para informações mais antigas.

Outros pontos que podem ser aprofundados num trabalho futuro é que em mesorregiões com menor densidade populacional houve um impacto negativo da tarifa no consumo com valor estatístico significativo, fato que não ocorreu nas demais áreas do escopo do estudo. Outro fator que pode ser trabalhado numa pesquisa futura é em relação aos sinais positivos e negativos da constante de consumo, que pode evidenciar tendências de alteração do comportamento dos consumidores tanto pelo uso mais racional da água quanto também a não utilização dos serviços de abastecimento público de água, ou seja, pode ser o uso de poços artesianos que não tem sua medição disponível em nenhum órgão de Estado.

Com isso os objetivos propostos para o estudo foram alcançados, entretanto tanto a não captura dos picos de consumo principalmente no verão que foi evidenciado em todas as mesorregiões e com maior impacto na região litoral do Paraná, dado que além do impacto do clima das estações do ano o litoral também sofre o impacto do aumento significativo de pessoal durante o verão, além de um melhor entendimento de outros fatores que podem impactar no consumo de água pelas famílias, além de aplicação de novas metodologias para estimação das previsões e também dos fatores que impactam na demanda sendo uma boa sugestão para novos estudos, para colaborar ainda mais com o tema tão importante que é o saneamento básico.

6. REFERÊNCIAS

A.Polebitski, R.Palmer, P.Waddell(2010).Evaluating water demand sun der climate change and transition sin the urban environment. *Journal of Water Resources Planning and Management*,137(3)249-257

Arbués,F.,R.Barberánel.Villanua(2004).Impacto do preço na demanda de água residencial urbana: Uma abordagem dinâmica de dados em painel. *Water Resour.Res.*,40,W11402,doi:10.1029/2004WR003092.

Babel, Mukand & Das Gupta, Ashim & Pradhan, Pratistha. (2007). A multivariate econometric approach for domestic water demand modeling: An application to Kathmandu, Nepal. *Water Resources Management*.21.573-589.10.1007/s11269-006-9030-6.

Bich Ngoce Teller(2018)A Review of Residential Water Consumption Determinants,July2018DOI:10.1007/978-3-319-95174-4_52-
https://www.researchgate.net/publication/326161729_A_Review_of_Residential_Water_Consumption_Determinants/stats

Billings R.B, Agthe, D.E. (1998).State-space versus multiple regression for forecasting urban water demand. *Journal Water Resour Plan Manage*124:113–117

Carlos César Santejo Saiani e Rudinei Toneto Júnior (2010). Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil (1970 a 2004). *Economia e Sociedade*, Campinas,v.19,n.1(38),p.79-106,abr.2010
<http://www.scielo.br/pdf/ecos/v19n1/a04v19n1.pdf>

Cavanagh, Sheila M.and Hanemann, Michael and Stavins, Robert N., Muffled Price Signals: House hold Water Demand Under Increasing-Block Prices (June2002). FEEM WorkingPaperNo.40.2002. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=317924orhttp://dx.doi.org/10.2139/ssrn.317924>

CAVASSIN, Marcus Venício. “O princípio da universalização do acesso aos serviços de água e esgoto -análise crítica do marco regulatório do saneamento básico no Brasil”. Tese apresentada para título de mestre em Direito pelo Centro Universitário Curitiba–UNICURITIBA,2014.

Chu,J.,Wang,C.,Chen,J.etal.Agent-Based Residential Water Use Behavior Simulation and Policy Implications: A Case-Study in Beijing City. *Water Resource Manage* 23,3267(2009).<https://doi.org/10.1007/s11269-009-9433-2>

Couto, Felipe & Soares, Dácio & Cardoso, Andrey. (2012). Método Delphi: a Aplicação da Previsão de Demanda e Análise de Mercado para uma Produtora de Cerâmica da Região Norte do Estado de Minas Gerais. 10. 42-49.

DANIELSON,L.E.,1979,Ananalysis of Residential Demand for Water Using Micro Time-Series Data. *Water Resources Researches*,v.15,n..4,pp.763-767.

FERNANDES, NETO, M.L. Avaliação de parâmetros intervenientes no consumo per capita de água: estudo para 96 municípios do estado de Minas Gerais. Maio de 2003. Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Ferreira, Pedro Costa, 2018. Análise de séries temporais (Locais do Kindle 5816-5818). GEN Atlas. Edição do Kindle.

Fox, C., McIntosh, B.S. and P. Jeffrey (2009), Classifying house holds for water demand forecasting using physical property characteristics, *Land Use Policy*, 26(3), 558-568.

FRANCISCO, Eduardo de Rezende. "Indicadores de Renda baseados em Consumo de Energia Elétrica : Abordagens Domiciliar e Regional na Perspectiva da Estatística Espacial- 2010". 381f. Tese apresentada à Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, como requisito para obtenção do título de Doutor em Administração de Empresas.

Franklin, S.L. and Maidment, D.R.: 1986, "An Evaluation of Weekly and Monthly Time Series Forecasts of Municipal Water Use", *Water Resour. Bull.* 22(4), 611–621.

GARCIA, Ana Paula Arruda Almeida. Fatores associados ao consumo de água em residências de baixa renda. 122p. il. 2011. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

S. Gaudin, R.C. Griffin, R.C. Sickles. Demand specification for municipal water management: evaluation of the Stone–Geary form *Land Economics*, 77(3)(2001), pp. 399-422.

House-Peters, L.A., & Chang, H. (2011). Urban water demand modeling: Review of concepts, methods, and organizing principles. [Article]. *Water Resources Research*, 47, 15.

HOWE, C.W., 1982, The Impact of Price on Residential Water Demand and its Relation to System Design and Price Structure. *Water Resources Research*, v. 3, n. 1, pp. 13-32.

Lin, Tamy Ymei; Amaral Jr, José Bento Carlos (2000). ESTUDO DE MODELOS DE PREVISÃO DE DEMANDA, Fundação Getúlio Vargas. Disponível em: https://pesquisa-eaesp.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/publicacoes/estudo_de_modelos_de_previsao_de_demanda.pdf. Acesso em 29.03.2020.

MAIDMENT, D.R., and S.P. Miaou (1986), Daily water use in nine cities, *Water Resour. Res.*, 22(6), 845–851, doi:10.1029/WR022i006p00845.

MENEZES, Paulo Renato (2014). A Lei 11.445: o novo marco regulatório do saneamento no Brasil e seu impacto nas empresas públicas de água e esgoto: um estudo de caso. Trabalho de conclusão de graduação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, BR-RS2014/2

MIAOU, S.P. (1990), A class of time series urban water demand models with nonlinear climate effects, *Water Resour. Res.*, 26(2), 169–178, doi:10.1029/WR026i002p00169

RAMÃO, F.P.; WADI, Y. M. Espaço urbano, desigualdade socioespacial e a dinâmica dos homicídios em Cascavel/PR, disponível em http://www.abep.nepo.unicamp/encontro2008/doscPDF/ABEP2009_1163.pdf

RIBEIRO, Wagner C. Geografia política da água. São Paulo: Annablume, 2008.

Schleich, J., and T. Hillenbrand (2009), Determinants of residential water demand in Germany, *Ecol. Econ.*, 68, 1756–1769, doi:10.1016/j.ecolecon.2008.11.012.

SHIVA, Vandana. Guerra por água: privatização, poluição e lucro. São Paulo: Radical Livros, 2006.

Soares, Adelino Manuel da Silva - Implicações na sustentabilidade socioambiental do consumo de água [Em linha]: uma visão unificadora dos tarifários. [S.l.]: [s.n.], 2018. Tese de Doutorado em Sustentabilidade Social e Desenvolvimento apresentada à Universidade Aberta

SLACK, N.; JONES, A.B.; JOHNSTON, R. Administração da produção. 4 edição. São Paulo, Atlas, 2015.

SOUZA, Francisca Mendonça. Estudo do consumo e do número de consumidores de energia elétrica do RS por meio de componentes principais e modelos de previsão. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria–RS, 2011.

Torregrosa, Teresa & Sevilla, Martín & Montano, Borja & López - Vico, Victoria. (2010). The Integrated Management of Water Resources in Marina Baja (Alicante, Spain). A Simultaneous Equation Model. *Water Resources Management*. 24. 3799-3815. doi:10.1007/s11269-010-9634-8.

TUROLLA, F.A. Provisão e operação de infraestrutura no Brasil: setor de saneamento. São Paulo, 1999. 94p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas.

WOOLDRIDGE, J. M. Introdução à econometria: uma abordagem moderna. Tradução da quarta edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

APENDICE I – DADOS POPULACIONAIS DOS MUNICÍPIOS DA AMOSTRA

Município	Nome da Mesorregião	População total do município	População urbana do município
Almirante Tamandaré	Metropolitana de Curitiba	117.168	112.273
Apucarana	Norte Central Paranaense	133.726	126.183
Arapongas	Norte Central Paranaense	121.198	118.523
Arapoti	Centro Oriental Paranaense	27.925	23.522
Araucária	Metropolitana de Curitiba	141.410	130.824
Assis Chateaubriand	Oeste Paranaense	33.397	29.340
Astorga	Norte Central Paranaense	26.011	23.758
Bandeirantes	Norte Pioneiro Paranaense	31.526	27.804
Cambará	Norte Pioneiro Paranaense	25.252	23.644
Cambé	Norte Central Paranaense	105.704	101.572
Campina Grande do Sul	Metropolitana de Curitiba	42.880	35.350
Campo Largo	Metropolitana de Curitiba	130.091	109.015
Campo Magro	Metropolitana de Curitiba	28.885	22.727
Campo Mourão	Centro Ocidental Paranaense	94.212	89.330
Cascavel	Oeste Paranaense	324.476	306.160
Castro	Centro Oriental Paranaense	71.151	52.253
Cianorte	Noroeste Paranaense	81.393	72.462
Colombo	Metropolitana de Curitiba	240.840	229.798
Colorado	Norte Central Paranaense	23.879	22.447
Cornélio Procopio	Norte Pioneiro Paranaense	47.847	45.176
Curitiba	Metropolitana de Curitiba	1.917.185	1.917.185
Dois Vizinhos	Sudoeste Paranaense	40.234	31.244
Fazenda Rio Grande	Metropolitana de Curitiba	98.368	91.446
Foz do Iguaçu	Oeste Paranaense	258.823	256.674
Francisco Beltrão	Sudoeste Paranaense	89.942	76.847
Goioerê	Centro Ocidental Paranaense	28.962	25.193
Guaiçra	Oeste Paranaense	32.923	30.244
Guarapuava	Centro-Sul Paranaense	180.334	164.885
Guaratuba	Metropolitana de Curitiba (Litoral Paranaense)	36.595	32.844
Ibaiti	Norte Pioneiro Paranaense	31.142	25.038
Ibiporã	Norte Central Paranaense	53.970	51.391
Imbituva	Sudeste Paranaense	32.179	20.229
Irati	Sudeste Paranaense	60.357	48.250
Itaperuçu	Metropolitana de Curitiba	28.187	23.548
Ivaiporã	Norte Central Paranaense	32.035	27.627
Jacarezinho	Norte Pioneiro Paranaense	39.435	35.053
Jaguariaíva	Centro Oriental Paranaense	34.683	29.827
Lapa	Metropolitana de Curitiba	47.909	29.026
Laranjeiras do Sul	Centro-Sul Paranaense	32.006	26.031
Loanda	Noroeste Paranaense	22.927	20.843

Londrina	Norte Central Paranaense	563.943	549.273
Mandaguaçu	Norte Central Paranaense	22.531	20.030
Mandaguari	Norte Central Paranaense	34.281	32.471
Marechal Cândido Rondon	Oeste Paranaense	52.379	43.796
Marialva	Norte Central Paranaense	35.180	28.391
Maringá	Norte Central Paranaense	417.010	409.508
Matinhos	Metropolitana de Curitiba (Litoral Paranaense)	34.207	34.034
Medianeira	Oeste Paranaense	45.812	40.962
Nova Esperança	Norte Central Paranaense	27.821	25.425
Paiçandu	Norte Central Paranaense	40.777	40.220
Palmas	Centro-Sul Paranaense	50.198	46.578
Palmeira	Centro Oriental Paranaense	33.757	20.361
Palotina	Oeste Paranaense	31.564	27.122
Paranaguá	Metropolitana de Curitiba (Litoral Paranaense)	153.666	148.105
Paranavaí	Noroeste Paranaense	87.813	83.656
Pato Branco	Sudoeste Paranaense	81.893	77.051
Pinhais	Metropolitana de Curitiba	130.789	130.789
Piraquara	Metropolitana de Curitiba	111.052	54.495
Ponta Grossa	Centro Oriental Paranaense	348.043	340.361
Pontal do Paraná	Metropolitana de Curitiba (Litoral Paranaense)	26.636	26.411
Prudentópolis	Sudeste Paranaense	51.961	23.922
Quatro Barras	Metropolitana de Curitiba	23.199	20.967
Quedas do Iguaçu	Centro-Sul Paranaense	33.788	23.170
Rio Branco do Sul	Metropolitana de Curitiba	32.273	23.212
Rio Negro	Metropolitana de Curitiba	33.922	27.887
Rolândia	Norte Central Paranaense	65.757	62.219
Santa Terezinha de Itaipu	Oeste Paranaense	23.224	20.991
Santo Antônio da Platina	Norte Pioneiro Paranaense	45.728	39.557
São José dos Pinhais	Metropolitana de Curitiba	317.476	284.654
São Mateus do Sul	Sudeste Paranaense	45.806	28.540
Telêmaco Borba	Centro Oriental Paranaense	78.135	76.534
Toledo	Oeste Paranaense	138.572	125.734
Umuarama	Noroeste Paranaense	110.590	102.658
União da Vitória	Sudeste Paranaense	57.111	54.131
Total	-	8.334.061	7.758.801